creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000264754
조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

2015년 2월
석사학위논문

에너지절감형 리모델링을 위한 의사결정지원 모델

조선대학교 대학원
건 축 공 학 과
신 영 수

2015년2월 석사학위논문
에너지절감형 리모델링을 위한 의사결정지원 모델
신 영 수

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

에너지절감형 리모델링을 위한 의사결정지원 모델

A Decision Support Model for Energy-Efficient Remodeling Projects

2015년 2월 25일

조선대학교 대학원

건 축 공 학 과

신 영 수

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

에너지절감형 리모델링을 위한 의사결정지원 모델

지도교수 조 규 만

이 논문을 건축공학 석사학위신청 논문으로 제출함

2014년 10월

조선대학교 대학원

건 축 공 학 과

신 영 수

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

신영수의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 부교수 최 재 혁 (인)

위 원 조선대학교 조교수 황 태 연 (인)

위 원 조선대학교 조교수 조 규 만 (인)

2014년 11월

조선대학교 대학원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

ABSTRACT

제 1장 서 론 1

1.1 연구의 배경 및 목적 1

1.2 연구의 범위 및 방법 6

제 2장 에너지절감형 리모델링 개요 및 국내외 현황 파악 8

2.1 리모델링 프로젝트의 개요 8

2.1.1 리모델링 개론 8

2.1.2 리모델링의 필요성 11

2.1.3 리모델링의 특징 13

2.1.4 리모델링 사업 프로세스 15

2.1.5 리모델링 유형 19

2.2 에너지절감형 리모델링 20

2.2.1 정의 및 범위 20

2.2.2 관련 국내외 제도 21

2.2.3 에너지절감형 리모델링 기술적용 사례 25

2.2.4 에너지절감형 리모델링 연구 사례 27

2.3 에너지절감형 리모델링의 주요 방법 31

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3장 에너지절감형 리모델링 대안 선정 의사결정지원 모델 개발 38
3.1 리모델링 대안 의사결정모델 개발방향 38
3.1.1 의사결정의 개념 38
3.1.2 의사결정 모형 - 만족모형, 점증모형 39
3.1.3 의사결정 과정 40
3.1.4 리모델링 프로젝트의 의사결정과정 42
3.2 모델 핵심모듈 43
3.2.1 리모델링 대안 선정기준 설정 모듈 43
3.2.2 리모델링 대안생성 모듈 45
3.2.3 리모델링 대안별 에너지성능평가 모듈 51
3.2.4 리모델링 대안별 환경영향배출량 평가 모듈 55
3.2.5 리모델링 대안별 경제성평가 모듈 56
3.3 리모델링 대안 선정 의사결정지원 모델 59
3.3.1 의사결정지원 모델 알고리즘 59
3.3.2 의사결정지원 모델 및 시스템 UI 65

제 4장 사례 적용을 통한 모델 유효성 검증 74
4.1 사례 적용 대상 74
4.2 분석 대안 데이터 수집 75
4.3 모델 적용 79
4.4 사례 적용 결과 분석 87

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 5장 결 론 89

참고문헌 92

감사의 글

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 목 차

표 2.1 일반 리모델링과 친환경 리모델링의 차이 ····· 20
표 2.2 국내 기술사례 분석 종합 ····· 34
표 2.3 국내 연구사례 분석 종합 ····· 35
표 2.4 국내 연구사례 분석 종합(계속) ····· 36
표 2.5 국외 연구사례 분석 종합 ····· 37
표 3.1 Points for EAc1 Option 1 for Improvement in Building Performance Over the ASHRAE 90.1-2007 Base Case ····· 43
표 3.2 LEED-NC 2009 Points Available for Various Levels of Renewable Energy ····· 44
표 3.3 열용량에 따른 환산계수 ····· 53
표 3.4 환산계수 산정 방법 ····· 70
표 4.1 사례 적용 대상 건물 개요 ····· 74
표 4.2 수집한 외피시스템 데이터 ····· 75
표 4.3 수집한 외피시스템 데이터(계속 1) ····· 76
표 4.4 수집한 외피시스템 데이터(계속 2) ····· 77
표 4.5 수집한 외피시스템 데이터(계속 3) ····· 78
표 4.6 수집한 재생에너지설비 시스템 데이터 ····· 78
표 4.7 Remodeling Solution 생성 ····· 83
표 4.8 사례 적용을 통한 모델 적용 결과 ····· 85
표 4.9 사례 적용을 통한 모델 적용 결과(계속) ····· 86

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그 림 목 차

그림 1.1 연도별 온실가스 배출 전망치 ····· 2
그림 1.2 부문별 · 업종별 온실가스 감축목표 ····· 3
그림 1.3 국내 리모델링 시장 전망 ····· 4
그림 1.4 연구 흐름도 ····· 7
그림 2.1 리모델링 관련 세부용어 ····· 9
그림 2.2 GDP 규모에 따른 리모델링 시장 및 비중 ····· 11
그림 2.3 국가별 리모델링 시장규모/사업방향/주체 ····· 12
그림 2.4 일반건물 리모델링 사업 프로세스 ····· 16
그림 2.5 일반건물 리모델링 사업 프로세스(계속) ····· 17
그림 2.6 공동주택 리모델링 사업 프로세스 ····· 18
그림 2.7 녹색건축물 조성 지원법(2013.2.23. 시행) ····· 22
그림 2.8 LEED 평가부문과 평가내용 ····· 23
그림 2.9 1차 에너지 대비 신재생에너지의 연도별 증가추이 ····· 33
그림 3.1 의사결정 과정 ····· 41
그림 3.2 리모델링 프로젝트의 의사결정과정 ····· 42
그림 3.3 외피구조형식 ····· 46
그림 3.4 외피개폐형식 ····· 47
그림 3.5 프레임 재질별 외피 ····· 48
그림 3.6 광전효과의 원리 ····· 50
그림 3.7 순환평가를 위한 RS 변수 부여 방식 ····· 62
그림 3.8 순환 평가형 의사결정지원 모델 알고리즘 ····· 64
그림 3.9 사용자 인터페이스 - 목표 설정 ····· 65
그림 3.10 사용자 인터페이스 - 대안 모형 ····· 66
그림 3.11 사용자 인터페이스 - 건물 기본 정보 ····· 68
그림 3.12 사용자 인터페이스 - 에너지성능평가 ····· 71
그림 3.13 사용자 인터페이스 - 경제성평가 & 환경영향배출물 평가 ····· 72
그림 3.14 사용자 인터페이스 - 최종개발 모델 Sheet ····· 73
그림 4.1 원안 - 건물 기본 정보 입력내용 ····· 79
그림 4.2 원안 - 에너지성능평가 결과 ····· 80
그림 4.3 원안 - 경제성평가 및 환경영향배출물 평가 결과 ····· 80

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 4.4 대안 - 목표 값 입력 ····· 81
그림 4.5 선호도 요소 일치 판단 결과 ····· 82

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

A Decision Support Model for Energy-Efficient Remodeling Projects

Shin Young Su
Advisor : Prof. Cho Kyu-man, Ph.D.
Department of Arichitecture Engineering
Graduate School of Chosun University

More recently, physical, social, economic and environmental purposes, building remodeling has been actively promoted.

Especially energy-saving remodeling, in addition to the improvement of aging facilities, minimization of environmental impact to the exchange of materials, power equipment, high efficiency skin-systems and install of renewable-energy system for the improvement of energy efficiency, it is environmentally friendly renovation technique in method of remodeling.

Generally, Selection of an alternative system in remodeling projects, are mostly be determined by the personal experience and market conditions most builders and designers, which has led to various problems.

In this study, in selection of an alternative system, based on various performance factors were developed scientific decision process model can be selected remodeling alternative in accordance with the purpose of the remodeling project.

By using the decision support model developed through this study, it is expected to be able to select the reasonable remodeling alternative system that reflects the needs which energy saving rate, economic effect, user preference of the decision makers.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

제 1장. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

산업발전과 인구증가에 따라 석탄, 석유, 천연가스 등 에너지 소비 증가로 인하여 세계적으로 매년마다 많은 양의 환경영향배출물이 발생하고 있다. 이러한 환경영향배출물은 환경파괴, 지구온난화, 이상기후 초래 등의 많은 문제를 일으키며, 그 중 기후변화에 가장 큰 영향을 주는 물질은 온실가스(Green House Gas: GHG)[1)]이다. 온실가스는 지표로부터 방출되는 적외선을 흡수하여 대기온도를 상승시킴으로써 지구온난화현상을 초래하는데, 대표적인 온실가스는 바로 이산화탄소(Carbon Dioxide: CO_2)이다.[39]

선진국 및 개발도상국들의 전 산업을 통틀어 건설 산업에서의 에너지 소비는 약 40%에 가까운 수치를 보인다. 대표적으로 영국은 39%, 미국은 37%, 일본은 31%, 홍콩은 40%로 나타났다.[36][46][42][47] 이러한 에너지 소비로 발생하는 이산화탄소 배출량은 전세계 CO_2 배출량의 약 33%에 달하기 때문에, 에너지 소비 절감 및 이산화탄소 배출 감소를 위해 건설 산업에서의 노력이 필요함을 알 수 있다.[43][34][33][41]

우리나라는 2009년 11월 정부 발표에서 2020년까지 온실가스배출전망치(Business As Usual, BAU)[2)] 대비 30% 감축을 목표로 설정하였다. 특히 온실가스종합정보센터(환경부)에서는 각 산업별 배출 전망치, 감축량, 감축률을 구체적으로 제시하였고 국내 건설 산업 분야는 26.9% 감축을 목표로 하고 있다.

1) 대기권에서 지표에서 방사되는 적외선의 일부를 흡수함으로써 온실 효과를 일으키는 온실 기체.
2) 온실가스 감축을 위한 인위적 조치를 취하지 않을 경우 예상되는 온실가스 배출량 추정치.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

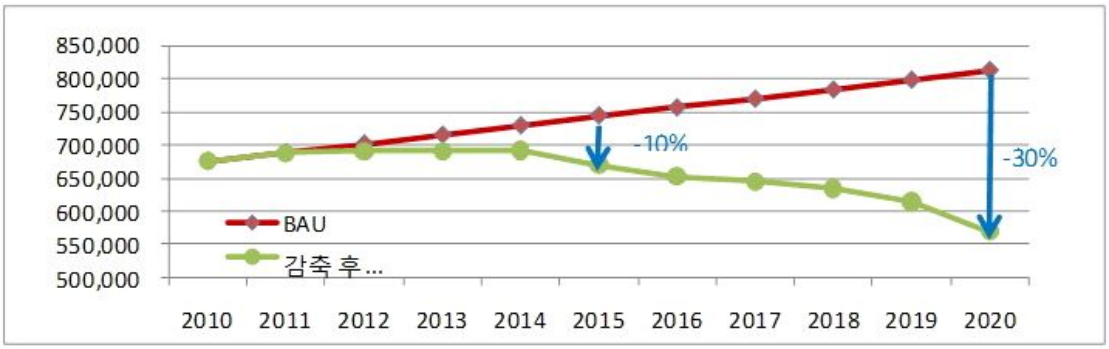


그림 1.1 연도별 온실가스 배출 전망치[3)]

통계청 자료에 따르면 우리나라 건축물은 신축을 제외한 기존 건축물이 약 680만동에 달하여 전체의 97%를 차지하며, 그 중 74%는 준공 15년 이상이 지난 노후 건축물이다.[27] 노후 건축물은 신축 건축물에 비해 각종 설비기기의 열화, 에너지 과소비, 건축물 가치하락, 환경 및 에너지절감에 부흥하지 못하는 등의 현상에 있어 이러한 기존 건축물의 소요에너지 절감을 위한 건물 내/외부별 개선(리모델링)이 필요하다.

3) 기획재정부, 연도별 온실가스 배출 전망치 보도 자료 中.(2014.1.28.)

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

(단위 : 백만톤 CO_2e)

대분류	세분류		2020 BAU	2020년 감축목표		
				감축량	목표배출량	감축률 (%)
산업	정 유		16.6	1.2	15.3	7.5
	광 업		0.6	0.03	0.6	3.9
	철 강		116.9	7.6	109.3	6.5
	시멘트		40.8	3.5	37.3	8.5
	석유화학		59.6	4.5	55.1	7.5
	제지,목재		7.3	0.5	6.8	7.1
	섬유/가죽		9.3	0.6	8.7	6.3
	유리/요업		5.2	0.2	5.0	4.0
	비철금속		4.8	0.2	4.6	4.1
	기 계		12.4	0.9	11.5	7.6
	전기/전자	에너지	11.5	0.9	10.6	7.9
		비에너지	29.3	24.6	4.7	83.9
	전자표시장치		70.2	27.7	42.4	39.5
	반도체		14.2	3.9	10.3	27.7
	자동차	에너지	8.2	0.6	7.6	7.8
		비에너지	3.6	3.3	0.4	90.0[3]
	조 선		3.6	0.2	3.4	6.7
	기타제조		16.1	0.3	15.8	1.7
	음식료품		5.8	0.3	5.5	5.0
	건설업		3.0	0.2	2.8	7.1
	소 계		439.0	81.3	357.7	18.5
수송	운수, 자가용		99.6	34.2	65.4	34.3
건물	가 정		81.2	21.9	59.2	27.0
	상 업		86.4	23.1	63.4	26.7
	소 계		167.6	45.0	122.6	26.9
공공 기타	공공 기타		17.9	4.5	13.4	25.0
농림어업	농림어업		28.5	1.5	27.0	5.2
폐기물	폐기물		13.8	1.7	12.1	12.3
6대 부문			776.1[1]	168.2	607.9	21.7
전환 부문				64.9[2]		
총계				233.1	543.0	30.0

1) 배출량 총계(776백만톤)는 도시가스(2.0백만톤) 및 탈루배출량(7.6백만톤)이 추가된 수치
2) 발전용 에너지 구성비율 변화(신재생 비중 등 증가)등에 따른 추가적 감축량
3) 자동차부문 비에너지(냉매) 회수 책임은 관련 법령에 따라 폐기단계의 관리주체가 담당

그림 1.2 부문별 · 업종별 온실가스 감축목표[4]

4) 환경부, 온실가스종합관리센터, 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵 中. (2014.1)

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

일반적으로 리모델링(Remodeling)은 건물성능을 유지하고 향상시키기 위한 건축행위로서, 신축이나 재건축과 구별되는 가장 큰 차이는 기존 구조체를 보존하면서 성능을 개선하는데 있다.[17] 현재 국내 리모델링 시장규모는 전체 건설시장의 약 10%에 미치고 있으나, 국내총생산(Gross Domestic Product: GDP) 규모가 큰 선진국에서는 체계적인 수행방식 아래 오피스, 주거, 학교 등 다양한 용도에서의 리모델링이 활성화되어 약 30~40%의 시장규모를 가지고 있다. 이러한 사실을 바탕으로, 국내 리모델링 시장규모 역시 GDP 상승과 비례하여 향후 점진적으로 증가할 것으로 전망과 동시에 에너지 절감을 위한 형태의 리모델링 비중이 커질 것을 예상할 수 있다.[38][45][27]

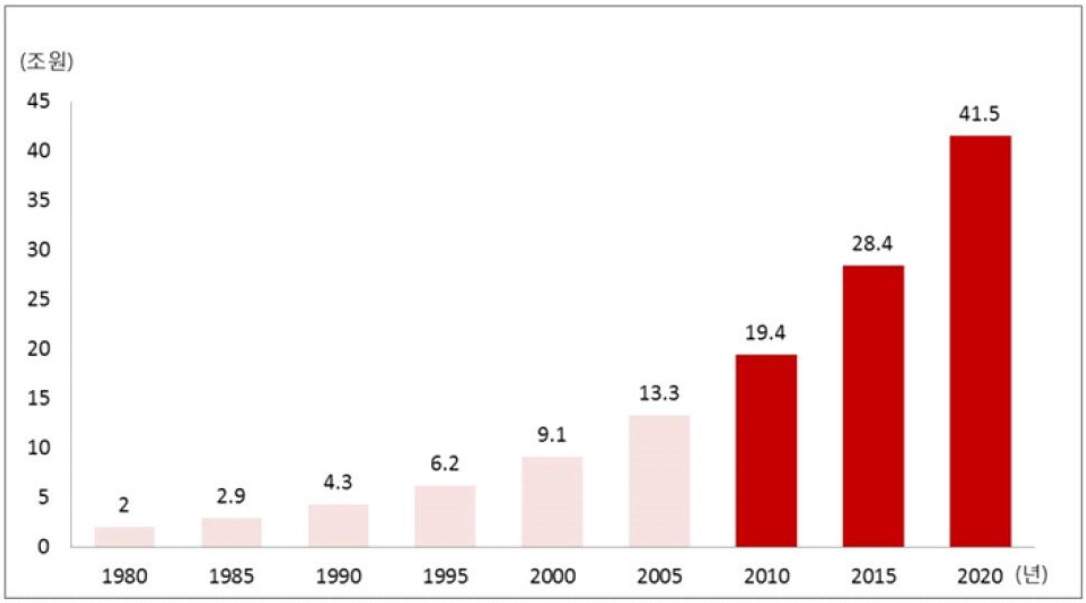


그림 1.3 국내 리모델링 시장 전망[5)]

그러나 기존 리모델링의 현황은 예술성에 중점을 둔 설계로 에너지 절감형 기술 적용이 불리한 디자인을 가지고 있으며 설계변경 다수 발생 및 과다 철거로 인한 공사비 증가 사례가 빈번히 이뤄지고 있다. 또한 에너지 절약 요소기술의 시공 품질 미확보로 에너지 절감의 불확실성과 최신 정책 및 신공법의 정보부족으로 인한 설계 오류 발생 등의 문제점을 가지고 있다.[28]

5) 건설산업연구원 동양증권 리서치, 국내 리모델링 시장 전망 및 규모. (2013)

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

따라서 본 연구는 에너지절감형 리모델링 계획 단계의 대안 수립에 있어 경험 의존적이고 비과학적인 시스템 선정의 문제점을 극복하기 위한 대안별 과학적 분석 값을 제시할 수 있어 의사결정자가 합리적인 대안을 선택할 수 있는 의사결정지원 모델을 개발하고자 한다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 에너지절감형 리모델링을 수행하기 위한 리모델링 계획 수립과정에서 구체적이고 과학적인 분석 정보를 확인할 수 있는 의사결정지원 모델을 개발하고자 한다. 따라서 계획 수립과정에서 의사결정권자가 고려해야할 정성적 요인 및 정량적 요인을 분석하고, 이를 반영한 의사결정지원 프로세스를 확립하고 최종적으로 사용자 인터페이스(User Interface) 모델을 제시하고자 한다. 구체적 연구의 범위 및 방법을 연구 진행 순서에 따라 정리하면 다음과 같다.

1) 에너지절감형 리모델링 개요 및 국내외 현황 파악

기존 리모델링 사례 및 이론적 고찰을 통해 에너지절감형 리모델링의 유형, 특징 등의 일반적 사항을 조사한다. 특히 일반건물(상업, 공공, 업무시설 등)을 대상으로, 건축적 요소로서의 리모델링 방법이자 건물 에너지소비에 가장 큰 영향을 미치는 외피시스템과 설비적 요소로서의 리모델링 방법인 신재생에너지시스템을 도입하는 경우를 주요 대상으로 조사한다. 조사 내용과 관련된 기술사례 및 연구 문헌을 조사하여 기존 리모델링 사례에서의 문제점과 본 연구의 차별성을 제시한다.

2) 에너지절감형 리모델링 시스템 선정 의사결정지원 모델 개발

의사결정의 기본 개념과 건설 프로젝트를 대상으로 하는 의사결정 프로세스에 관한 기본적 이론을 조사한다. 조사 내용을 바탕으로 본 연구에서 개발하고자 하는 의사결정지원 모델의 프로세스를 확립한다. 확립된 의사결정 프로세스를 바탕으로 에너지절감형 리모델링을 위한 의사결정지원 모델을 개발한다. 개발 모델의 핵심모듈을 구성하기 위한 에너지절감형 리모델링 수행 시의 여러 가지 고려사항을 조사하며, 이를 바탕으로 평가모듈을 개발한다. 개발모델을 사용자 인터페이스 형태로 제시하고 향후 프로그래밍(Programing)을 위한 순환 평가 알고리즘을 제시한다.

3) 사례 적용을 통한 유효성 검증

개발 모델의 유효성 검증을 위한 사례 적용을 실시한다. 사례 적용 대상에 대한 분석 및 모델에 입력해야할 정보들을 분류하고, 시스템 선정을 위한 대안 수집과정 및 수집 데이터를 소개한다. 이를 바탕으로 사례 대상에 모델 적용 과정 및 결과를 제시하여 모델 유효성을 검증한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

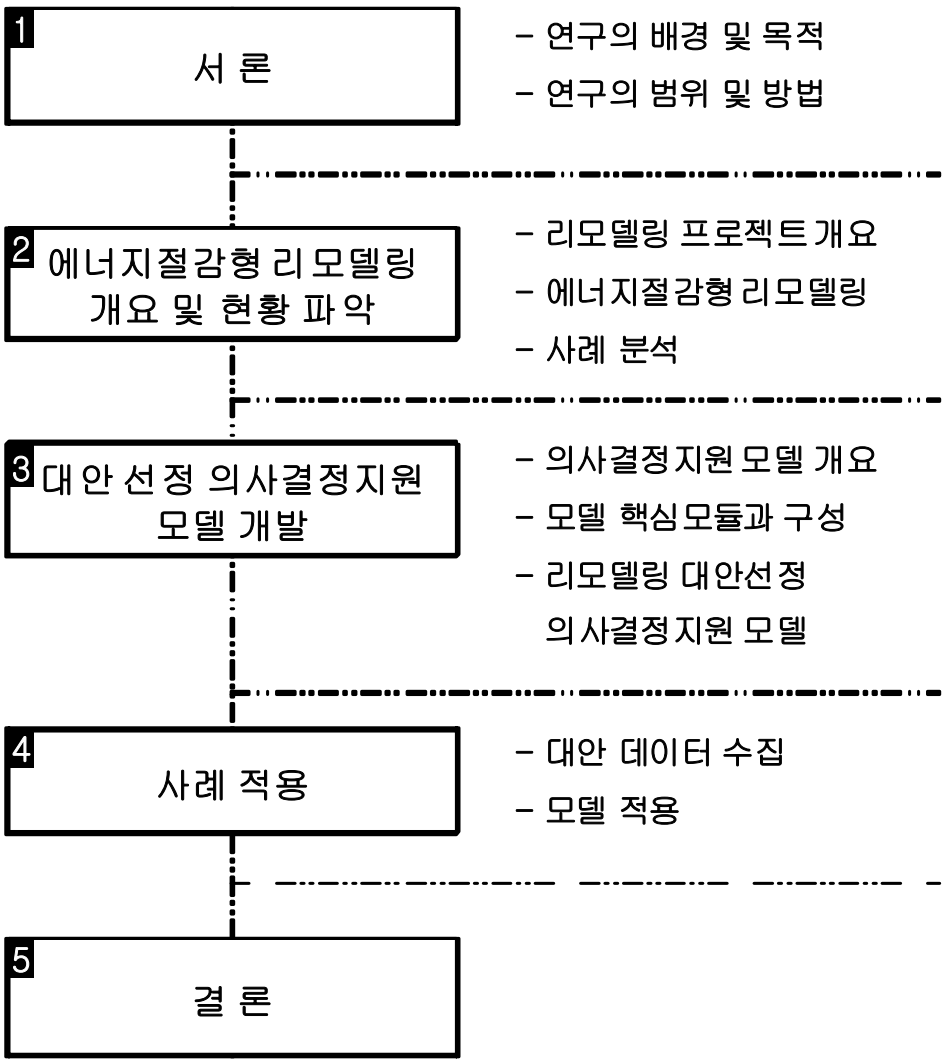


그림 1.4 연구 흐름도

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2장. 에너지절감형 리모델링 개요 및 국내외 현황 파악

2.1 리모델링 프로젝트의 개요

2.1.1 리모델링 개론

리모델링은 기존 건물의 구조적, 기능적, 미관적, 환경적 성능이나 에너지 성능을 개선하여 거주자의 생산성(productivity), 쾌적성(comfort), 건강(health) 및 건물 에너지 효율을 향상시킴으로써 건물의 가치를 상승시키고 경제성을 높이는 행위를 말한다. 리모델링(Remodeling)은 Renewal, Rehabilitation, Renovation 등을 포함하는 포괄적인 용어로서 이들 용어 상호간의 큰 차이를 내포하지는 않는다. 각각의 용어는 구조(structure)에서 표면(surface)에 이르는 존재물을 새롭게 하는 작업의 많고 적음을 의미하는 것이지만 약간씩 다른 차이를 가지고 있다.[15]

리모델링은 현재 정상적으로 운영되고 있는 건물시스템의 성능을 개선시킨다는 점에서 건물의 보수, 보강, 수선, 개수, 교체 등과는 의미상 차이가 있다. 즉, 리모델링은 건물시스템의 하자나 불량 고장 등이 발생한 경우 이를 교체, 보수하는 소극적 행위가 아니라 시대적 요구사항을 반영하고 건물의 가치를 창출하는 투자적 관점에서의 적극적 행위를 의미한다.[14]

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

구 분		정 의
총체적 개념	건물 성능 개선	건물의 물리적·사회적 수명을 연장하는 일체의 활동영역을 포함하는 총체적 의미
제한적개념	개수 영역	Renewal (재생)노후화 상태의 기능을 현 기능에 적합하도록 계획
		Renovation (개수)도시재개발, 단지재개발 등 성능, 기능을 초기수준 이상 개선
		Rehabilitation (신활용)건축물의 성능을 초기로 되돌리는 것 노후된 설비의 갱신에 주로 사용됨
	보수, 유지관리 영역	Retrofit (개장)기존의 규모나 주요 구조의 변경 없이 보수/갱신함 개수선 및 경미한 보수와 재건축 등의 일부를 포함하는 경우
		Recycling (재활용)기기, 부품, 부재 등 기존 설비를 폐기하지 않고 기존 또는 다른 용도로 응용하여 활용함
		Replacement (교체)부재, 부품, 기기 등을 교체하는 것
	보전, 보존영역	Restoration (복구)원래의 상세 및 재료에 세심한 주의를 기울여 어떤 특정한 시기의 모습으로 회복시킴
		Conservation (보전)보전재개발 문화적 가치가 큰 건축물의 재생 및 유지관점에서 주로 사용됨
		Preservation (보전)역사적·건축적 주요 건축물을 구하는 것 대상이 인수 되었을 때와 같은 물리적 조건으로 유지

그림 2.1 리모델링 관련 세부용어[6)]

리모델링 행위는 물리적 목적에 따라 크게 다음 3가지 중 하나로 분류할 수 있다.

① 재생의 리모델링(유지의 개념): 현재 건물이 가지고 있는 기능, 성능을 처음 준공 당시의 수준으로 재생하는 방법.

② 품질향상의 리모델링(개수의 개념): 변화하는 사회, 시장, 사용자의 요구에 대응하여

현재 건물이 가지고 있는 기능, 성능을 처음 준공 수준 이상으로 상승시키는 방법.

③ 용도변경의 리모델링 : 건물기능을 완전히 다른 기능으로 변경하는 방법.

이러한 리모델링 행위를 통해 일반적으로 얻을 수 있는 기대효과는 다음과 같다.

① 에너지 절감, 자동화에 의한 비용 · 에너지절감

② 구조체 보전에 따른 비용 절감

③ 유지, 관리비용의 절감

④ 기타 : 재실환경의 질적 향상 및 쾌적성 향상, 건물기능 향상 등

6) 이정복 (2003), 수익성 분석에 의한 오피스 리모델링 의사결정방법, 연세대학교, 박사학위논문

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

에너지절감형 리모델링은 건물 기능·성능을 초기 준공 수준 이상으로 상승시키는 방법이므로 품질향상의 리모델링의 목적을 가진다. 또한, 에너지절감형 리모델링의 에너지절감 효과는 비용 절감과 환경부하 저감에 더하여 재실자 쾌적도 향상, 건물 기능 향상, 유지비용 절감, 건물 가치향상 등 환경적·경제적 파급효과가 매우 큰 리모델링 행위이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2.1.2 리모델링의 필요성

우리나라는 지난 1970년대 이후 건설 산업에 대한 투자가 지속되면서 주택 및 공공·상업시설 건물의 재고가 축적되어있는 상태이다. 주택보급률이 100%에 다다르고, 도심지의 인구 집중화·과밀화에 따른 포화상태로 인해, 건축물의 양적공급보다는 재실환경의 질에 대한 욕구가 높아진다. 그러나 그 동안 무분별한 재건축사업으로 인하여 환경파괴, 자원낭비의 폐해가 이어져왔으며, 난개발 방지 정책이 강화되고 도심 내 공동주택에 대한 용적률 규제가 지속적으로 강화되면서 재건축이 점차 어려운 환경으로 접어들었다.

뿐만 아니라 비주거 건축물도 재고가 증가됨에 따라 신축 건물의 수요가 감소하고 있으며, 도심지에서는 지구단위계획구역 등의 확대로 기존 건축물의 사업성이 현저히 하락되는 추세이다.

선진국의 경우 리모델링 시장이 전체 건축시장의 30~40% 이상을 점유하는데 반하여 우리나라는 10%대에도 미치지 못하고 있어 리모델링 시장이 지속적으로 빠르게 확대될 것으로 기대되고 있다.[9]

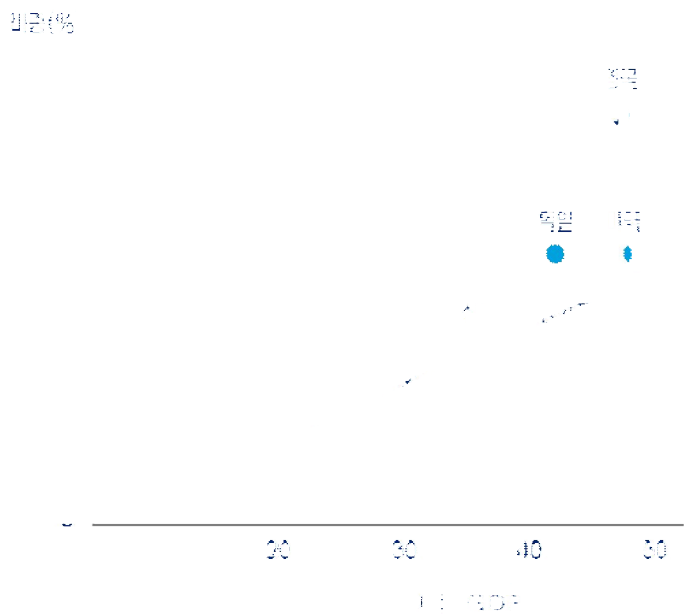


그림 2.2 GDP 규모에 따른 리모델링 시장 및 비중[7)]

7) 한국시설안전공단, 그린리모델링 활성화 정책, 녹색건축 제도 및 정책 수립 배경 (2013)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

구분	1인당 국내 총생산량 (GDP)	시장규모	사업방향	공공주체
한국	$ 19,751	10%	노후 공동주택 성능개선 및 그린홈	중앙정부 및 지자체
일본	$ 34,312	30%	리모델링을 고려한 설계와 자재 표준화	주택 리폼센터, 도시기반 정비공단
싱가포르	$ 35,163	20%	노후 공공주택의 '업그레이딩 프로그램' 실시	주택개발청(HDB)
미국	$ 45,845	30%	철거와 재건축 대신 개량 유도	주택도시 개발청 (HUD)
영국	$ 45,575	45%	공동주택 에너지 소비절감	중앙정부 및 지자체
프랑스	$ 41,511	45%	'불량단지' 지정 및 개선	국립주택개량청 (ANAH)
독일	$ 40,415	30%	노후 주택개량 활성화	중앙정부 및 지자체

그림 2.3 국가별 리모델링 시장규모/사업방향/주체[7)]

dCollection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

2.1.3 리모델링의 특징

리모델링 공사는 신축공사에 비해서 제약이 많다. 골조의 해체와 변경을 포함하여 작업공정이 복잡하며, 공정에 영향을 미치는 다양한 외부적 조건을 갖는다. 또한 신축공사 대비 보수보강공사, 철거공사, 골조공사에서 상이하며, 특히 건물에 입주자들이 재실하는 조건에서 공사할 경우 설비시스템의 지속적 운영과 입주가 환경보호를 위한 가설공사와 공기 지연 등 고려해야할 많은 변수가 있다.[9]

이러한 변수에도 불구하고, 리모델링을 통해 얻는 장점은 다음과 같다.

▶ 짧은 공사기간

신축공사에 비해 리모델링 공사기간이 짧은 이유는 토목/굴착공사와 골조공사가 제외되기 때문이다. 이러한 이점은 발주자의 자금 운영 및 마케팅 계획에 유리한 요소이다.

▶ 상대적으로 저렴한 공사비

리모델링 공사는 기존 건축물의 골조를 그대로 이용하기 때문에 토목공사와 골조공사 비용이 제외된다. 기존 골조의 구조적 안전성이 확보되지 않은 경우 구조 보강공사가 추가되지만, 일반적으로 토목공사와 골조공사에 비해 상대적으로 저렴하다.

▶ 기존 건축물에 대한 특례 적용

최근 "지속가능한 개발"정책의 시행으로 도시 과밀화와 난개발 방지를 위한 도심내 건축물 건축 규제가 지속적으로 강화되고 있다. 증축을 수반한 리모델링의 경우 증축부분에 한하여 현재의 법규를 적용하는 것을 제외하고 기존 건축물에 대하여는 준공당시의 법규를 적용하기 때문에 유리하다.

▶ 폐기물 감소

리모델링 공사는 대부분 지상 및 지하의 골조를 계속 사용할 수 있으므로 골조 폐기물의 양이 최소화되고, 내·외장 마감재, 조적, 노후화된 기계·전기 설비 시설물만 폐기물로 반출된다. 이 점은 리모델링이 공사비용 및 공기단축과 더불어 폐기물 발생과 신축자재 사용이 최소화되어 환경영향배출 영향이 적고 에너지 절약적인 공사가 된다.

▶ 인접 대지 및 건물의 피해위험 요소 감소

도심지에서의 토목 및 골조공사 공정은 인근도로 침하와 인접 건물 균열의 위험요소를 가지고 있다. 만약 이러한 피해가 발생하면, 공사 중단 및 배상, 소송 발생 등의

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

예기치 못한 손실을 맞게 된다. 반면 리모델링은 기존 구조체를 거의 재사용하므로 이러한 위험요소가 감소된다.

▸ 공사민원 감소

도심지 공사에서의 또 다른 위험요소는 주변 거주자·관계자의 민원 문제이다. 이러한 민원 발생 시 해당 민원이 해결될 때까지 공기지연 및 추가적 비용 지출이 발생한다. 리모델링 공사는 소음·진동·분진과 같은 대표적 민원 항목에 비교적 해당 사항이 적은 장점이 있다.

위와 같은 장점에 반해, 리모델링의 단점은 다음과 같다.

▸ 기존 층높이의 한계

기존 건축물의 골조를 그대로 이용하는 리모델링 공사는 수평증축에 따른 평면 개선 측면에서는 용이하지만 신규 수직 증축부분을 제외하면 기존 층높이 내에서 실내 환경의 개선이 이루어져야 하는 한계가 있다. 이는 최초 준공 당시의 천정 내에 설치되는 설비 이상의 추가적 덕트(Duct) 설치가 불가능함을 의미하며, 건물 자동화 기술, 공조설비 등의 설치와 같은 층높이 향상을 통한 재실자들의 만족을 저해할 수 있는 한계가 있다.

▸ 빈번한 설계 변경의 발생

리모델링 공사에서는 설계단계에서 기존 건물의 구조물 및 기계, 전기, 배관 등의 상태를 정확히 파악하기 곤란하여 공사를 진행하면서 빈번한 설계변경이 발생된다.

▸ 공사 관리의 어려움

일반적으로 리모델링 사업은 도심지의 기존 건축물에서 행해진다. 도심지 공사의 경우 철거 자재 및 장비의 반출과 신축자재·장비 반입 그리고 공사용 차량의 출입이 용이하지 않는 경우가 대부분이다. 또한, 발주자의 요청 또는 건축물의 용도에 따라서 공사기간동안 입주자·사용자들이 전원 이주하지 않고 계속 사용하면서 부분적으로 공사를 해야 할 경우가 많다. 이 경우 기존 사용부분에 영향을 주지 않기 위한 여러 가지의 공사 관리 어려움이 존재한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2.1.4 리모델링 사업 프로세스

앞서 말한바와 같이 리모델링은 다양한 외부 조건에 의해 공정에 영향을 받는다. 따라서 리모델링 대상 건축물이 일반건물인지 공동주택인지에 따라서 리모델링 계획 프로세스 면에서 차이를 보인다.[18]

▶ 일반건물 리모델링 사업 프로세스

일반건물의 리모델링 계획은 건축주의 리모델링 요구방향 협의, 기존 건물의 형태와 구조적 특성 진단, 경제성에 대한 타당성 분석과 기획, 시공의 과정을 거친다.

건물의 소유자·이용자 리모델링 요구 발생 시, 이를 바탕으로 리모델링 방침 계획서를 작성한다. 해당 사항에 대하여 리모델링 목표로서 요구 사항에 적합·부적합 등 개선항목을 제안한다. 이후 기존 건축물의 현황 및 관리현황, 입지분석 등을 파악한다. 분석 내용을 바탕으로 사업타당성, 계약조건, 도면 검토, 법규 검, 정밀안전진단 등의 타당성 검토를 거친다. 해당 과정에서 타당성이 있는 것으로 판단되면 기본 계획으로서 리모델링 도면 및 공사 범위를 설정하고 이를 설계한다. 또한 견적 및 계약을 실시하고 업체로부터의 시공 계획 수립과 리모델링 공사의 과정을 거친다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

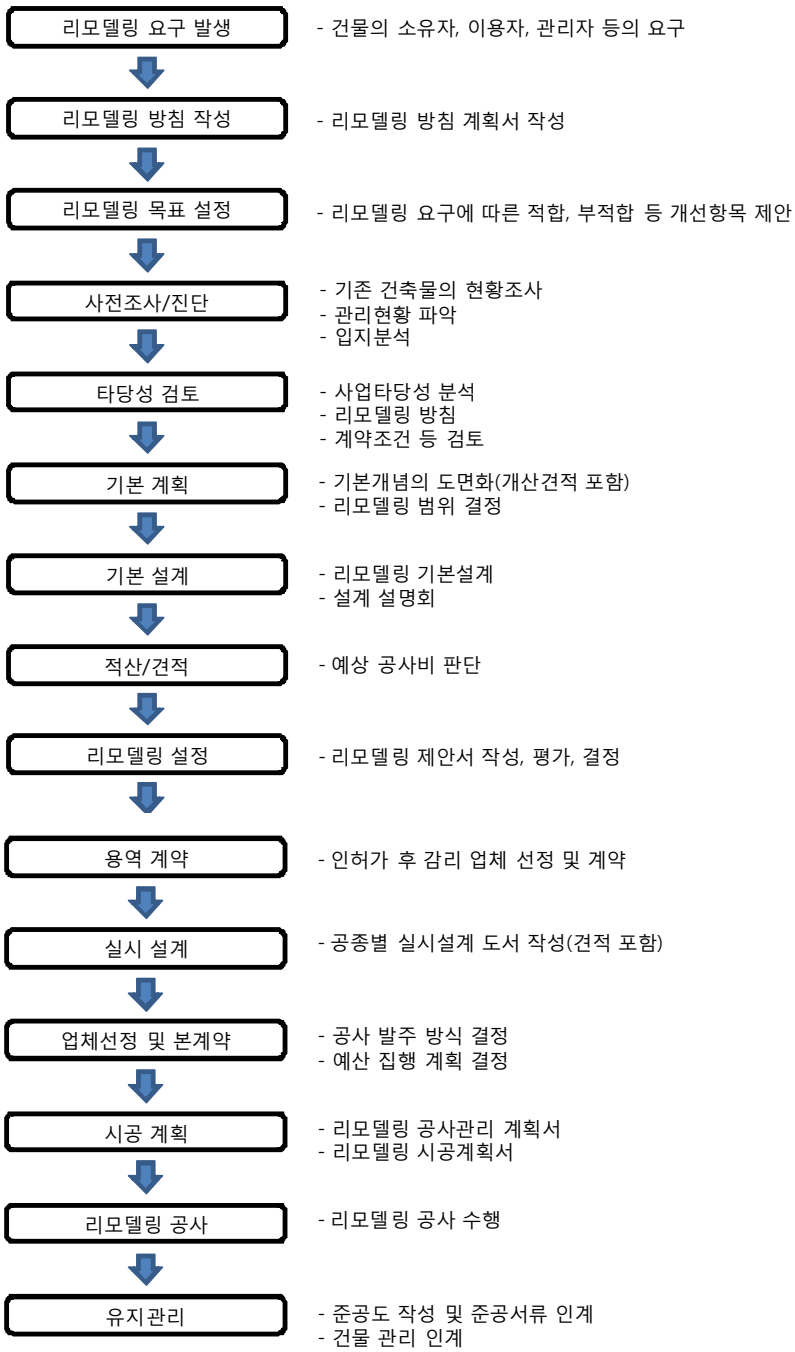


그림 2.4 일반건물 리모델링 사업 프로세스[8)]

8) 동일건축 기술연구소 저서, 건축 리모델링 실무, 건설도서 (2014)

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

▸ 공동주택 리모델링 사업 프로세스

공동주택 리모델링은 일반 건물과 달리 주택조합 설립추진위원회의 구성으로 시작하여 추진업체의 선정(시공자의 선정), 주택조합 설립인가, 조합원의 이주 및 착공 등으로 이루어진다.

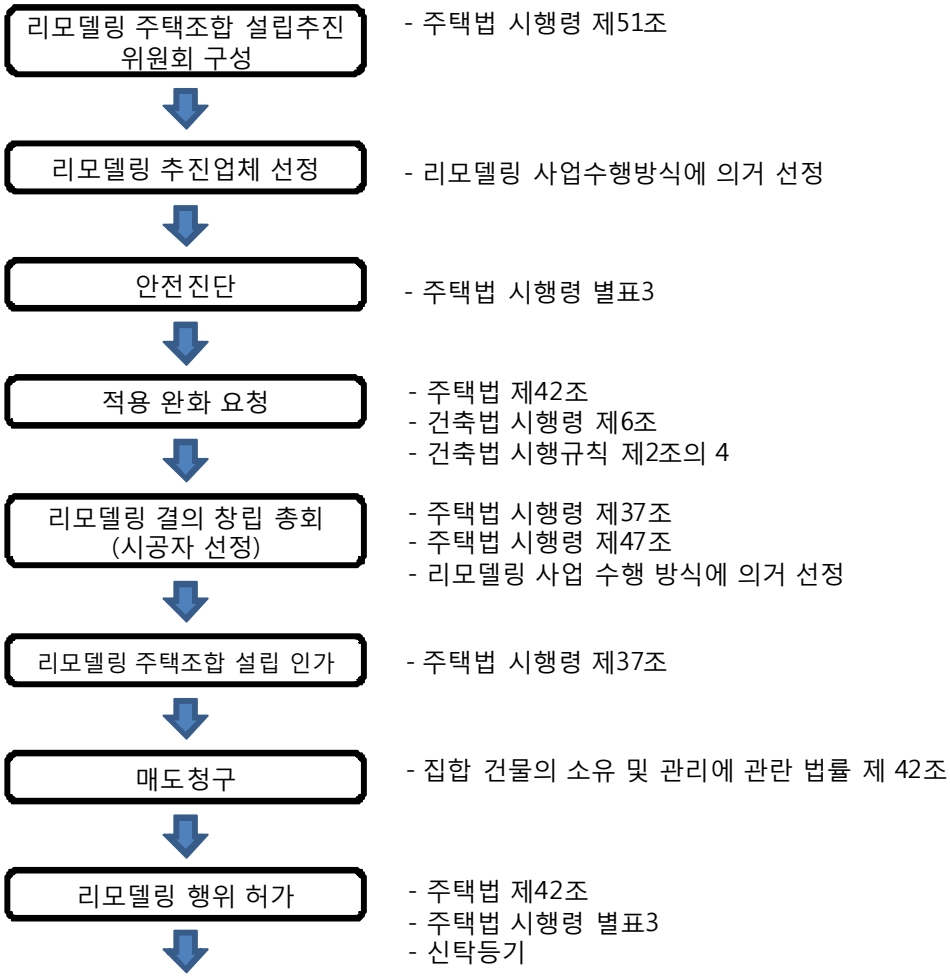


그림 2.5 공동주택 리모델링 사업 프로세스[8)]

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

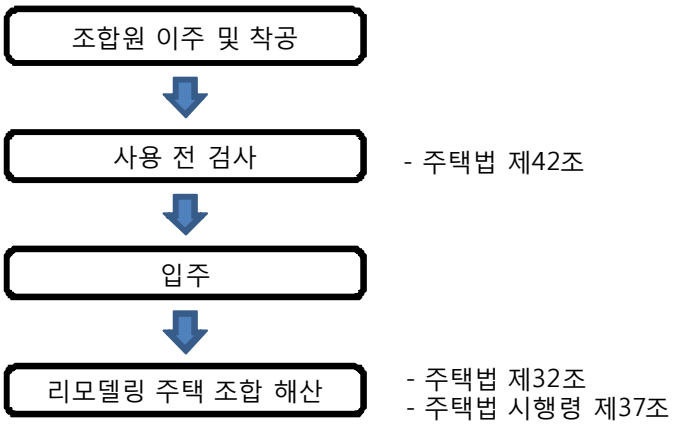


그림 2.6 공동주택 리모델링 사업 프로세스(계속)[8)]

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

2.1.5 리모델링 유형

리모델링 공사는 건물의 물리적 성능을 개선하거나 시대의 변화에 따른 사회적 요구성능의 개선 등 공사목적 및 특성에 따라 다음과 같은 유형으로 분류할 수 있다.[13]

▶ 구조적 리모델링(Structural Performance Remodeling)

수평 및 수직증축, 건물 사용용도의 변경 등에 따른 건축물의 안전과 내구성능의 강화, 혹은 지진 등에 대한 구조적 성능향상을 위한 리모델링 유형이다.

▶ 기능적 리모델링(Functional Performance Remodeling)

건축물의 사용년수에 따른 노후화의 진행으로 건물의 기능이 많이 상실된 경우의 리모델링으로, 특히 기계설비의 시스템은 타 요소에 비해 경년에 따른 성능 저하가 커서 주 원인이 된다. 또한 정보기술의 발달로 인한 통신기능의 강화 및 건물의 인텔리전트화(intelligent) 등 사회적 요구에 따라 시행되는 리모델링 유형이다 .

▶ 경제적 리모델링(Economic Performance Remodeling)

건축물의 효용가치와 기능수행 등 사용자의 요구가치를 위한 경제성을 추구하는 것으로 최소의 투자로 경제적 가치를 실현하려는 리모델링 유형이다.

▶ 미관적 리모델링(Aesthetic Performance Remodeling)

건축물의 외관 및 내부마감은 소비자가 건축물의 가치를 판단하고 이미지를 재고시키는데 가장 가깝게 느끼는 요소이며, 실생활 환경의 개선에 영향을 주는 리모델링 유형이다.

▶ 환경/에너지 유형 리모델링(Environmental Performance Remodeling)

건축물에 있어 열 환경·빛 환경·공기 환경·음 환경 등의 개선은 거주자들의 쾌적성과 건강에 직결되며 건축물 내·외부의 환경개선은 물론 지역 환경개선과도 연관된다. 이러한 건물 환경 개선은 건물 에너지 성능을 개선시키며, 건축물의 생애주기비용(Life Cycle Cost, LCC)을 결정하는데 가장 중요한 요소로서 비용절감분야 중에서도 비중이 크고, 보편적인 분야이다.

본 연구에서 다루고자하는 에너지절감형 리모델링은 환경/에너지 유형의 리모델링으로 볼 수 있으며, 나아가 투자 대비 경제적 효과를 확인할 수 있는 경제적 리모델링의 범주에서의 연구로 볼 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

2.2 에너지절감형 리모델링

2.2.1 정의 및 범위

에너지절감형 리모델링은 친환경 리모델링, 그린 리모델링과 그 의미와 방식이 비슷하다. 친환경 리모델링은 리모델링 계획, 설계, 시공, 유지관리, 폐기에 이르기까지의 생애주기 전 과정에 걸쳐 에너지와 자원을 절약하고 자연환경을 보전하며 건강과 쾌적성에 중점으로 하는 리모델링을 말한다.[15]

표 2.1 일반 리모델링과 친환경 리모델링의 차이[9)]

구 분	일반 리모델링	친환경 리모델링
주요 목적	· 주거기능의 개선 · 설비 및 시설의 노후화 개선	· 주거기능 개선 시 환경부하 최소화
재료	· 용도에 따른 일반재료 사용	· 재실자 건강을 고려한 재료사용 · 재생 및 재활용 재료 · 해당지역의 재료 사용
에너지 효율	· 동력, 전력에너지 사용 · 일반설비로 교체	· 자연에너지 이용 · 신재생에너지 사용
건축외피	· 마감 재료의 교체	· 에너지 절감효율이 높은 재료 적용

이와 비슷하게 에너지절감형 리모델링은 단순 기능 개선 및 노후화 개선에 더해 환경부하의 최소화, 에너지 효율 향상을 위한 마감재료 교체, 동력설비 교체, 고효율 외피시스템 적용, 재생에너지 시스템 도입의 방법을 추구하는 리모델링 방법이라 할 수 있다.

9) 한국리모델링협회 최산호 저, 리모델링 기술실무, 기문당 (2010)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2.2.2 관련 국내외 제도

▶ 녹색 건축물 인증제도(국내)

국내에서는 건축설계 및 시공과정에서 신재생에너지 활용 및 건축물에너지 수요 감축 등 환경 친화적이고 지속가능한 녹색건축물 활성화를 위해 건축 인허가 시 '녹색건축물 설계기준'을 적용하고 있다.

관계기관은 적용대상 건축물의 건축심의 허가 및 사용승인 접수 시 '녹색건축물 설계기준' 이행계획서와 확인서를 각각 설계자와 감리자 및 관계 협력자가 작성·제출하도록 하고, 아울러 건축물 사용승인(준공) 시 감리자는 설계기준 이행확인서를 제출하여야 한다.

해당 적용대상 건축물은 녹색설계 기준(서울시 기준)에 따라 다음 기준을 만족해야 한다.

- 건축물 에너지 소비총량제 분야는 주거용 190㎾h/㎡·y 미만, 비주거용 280㎾h/㎡·y 미만,
- 성능인증 분야는 건축물에너지효율 2등급 이상, 녹색건축물 우수(그린2등급) 이상, 에너지성능지표 평점합계 86점 이상,
- 절감기술 분야로 단열성능 강화, 문·창호 기밀성 확보 2등급 이상, LED조명기기 설치(조명설비 전력량의 5~10% 이상), 신·재생에너지 설비 설치(1~5% 이상) 등을 만족해야 한다.

dCollection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

▶ 녹색건축물 조성 지원법(국내)

한국시설안전공단 산하 녹색건축사업센터의 녹색건축사업에 관계한 법규 중 하나로서, 녹색건축물 조성촉진을 위해 2013년 2월 발의된 법안이다. 관계 법안으로는 건축물 온실가스 배출량 및 에너지사용량과 관련된 정보 및 통계 개발, 검증, 관리의 "건축물 에너지 · 온실가스 정보체계 구축(제10조)", 기존 건축물의 녹색 건축물 전환 고시를 위한 "기존 건축물의 에너지 성능 개선(제 13조)", 건축물의 효과적인 에너지 관리를 위한 "에너지절약계획서 제출(제 14조)", "건축물 에너지 효율등급 인증(제 17조)", "건축물 에너지 소비증명(제 18조)" 등의 법안이 존재한다.

구 분	기본계획	조성계획
계획수립권자	국토교통부장관	시?도지사
계획수립주기	5년	5년
주요내용	녹색건축물 현황 및 전망 온실가스 감축등 목표설정 및 추진방향 녹색건축물 정보체계 구축?운영 녹색건축 연구?개발 사항 녹색건축 전문인력 육성?지원 및 관리 녹색건축 조성사업 지원 녹색건축 조성 시범사업 녹색건축 건축자재 및 시공관련 정책방향 녹색건축물 조성 촉진에 필요한 사항	지역녹색건축물 현황 및 전망 녹색건축물 조성의 기본방향과 달성목표 녹색건축물 정보체계 구축?운영 녹색건축 조성 및 지원 조성계획 추진 및 재원조달방안 녹색건축 자재 및 시공 녹색건축물 조성을 위해 시도 조례로 정하는 사항

그림 2.7 녹색건축물 조성 지원법(2013.2.23 시행)

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

▶ LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)

미국의 친환경 건축물 인증제도로서 1993년 '그린빌딩위원회(U.S. Green Building Council, USGBC)'에 의해 만들어진 친환경건축물 평가기준 시스템이다. LEED는 건축물의 환경부하를 최소화하고 건축물의 생애주기에 걸쳐 환경성능을 평가하는 것이 목적이다. LEED는 총 9가지로 인증 대상 건축물을 분류하고 있다. 9가지 분류는 신축 및 대규모 개보수, 기존빌딩의 운영과 관리, 상업용 인테리어, 고어와 건축물 외피, 저층주거, 근린지구 개발, 학교, 병원, 단지개발로서 각 분류대상지에 따라 평가항목 및 점수체계가 다르게 구성되어 있다.

평가항목은 지속가능한 대지, 수자원 효율성, 에너지 및 대기, 재료 및 자원 부문, 실내 환경 부문으로 구성되며, 각 항목별 정량적 평가가 가능하도록 측정할 수 있는 평가기준이 설정되어 있고, 필수항목과 점수항목으로 구성되어 있다.[10][29]

평가부문		평가내용		등급			
분류	비중 (%)	공통항목	최소요구 항목	가	나	다	라
지속 가능한 부지 (SS: Sustainable sites credits)	26%	- 건축부지의 선택 및 부지 관리항목 - 미개발 토지의 개발에서 생태계·수로 - 우수 관리, 오염· 침식 감소 항목 - 열섬 현상·건설 관련 환경오염방지항목	-건설활동 오염 방지	-	-	-	-
수자원 효율 (WE: Water efficiency credits)	10%	- 물 사용의 감축 관련 항목	-물 사용 감소	-	-	-	-
에너지와 대기환경 (EA: Energy & atmosphere credits)	35%	- 재생 에너지의 사용 관련 항목 - 기타 혁신적인 전략 관련 항목	-기본 에너지 시스템 -최소 에너지 성능 -기본냉매관리	-	-	-	-
자재와 자원 (MR: Materials & resources credits)	14%	- 지속적인 성장의 선택을 장려 관련항목 - 재사용 및 재활용과 폐기물의 감소관련 항목	-재활용품의 보관 및 수집	-	-	-	-
실내 환경 (IEQ: Indoor environmental quality credits)	15%	- 실내 공기의 품질 관련 항목 - 자연광 관련 항목 - 전망과 소음 개선 관련 항목	-최소(IAQ)에 대한 성능 -ETS 제어	-	-	-	-
창의적 디자인 (ID: Innovation in design or innovation in operations credits)	추가 부문	- 혁신적인 기술과 전략 관련 항목	-	-	-	-	-
지역적 특성 우선 (RP: Regional priority credits)		- 지역 특성에 맞는 중요한 환경문제항목	-	-	-	-	-
합계	100%	-	-	-	-	-	-

그림 2.8 LEED 평가부문과 평가내용[10)]

10) 나민희 (2014), LEED인증 건축물 분석을 통한 실내공간 친환경 평가항목의 발전방향에 관한 연구, 한성대학교 석사 학위논문

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

▶ EPBD(Energy Performance of Building Directives)

EU(European Union)에서 제시한 건물에너지절약지침으로, 신규 및 재건축 건물에 대한 최소 에너지 성능 기준을 제시하는 안이다. 주요 내용으로 신축·기존 건축물에 대한 성능 기반의 에너지절약기준을 적용하고, 신축·매매·임대계약 시 에너지성능인증서 첨부 의무화, 냉난방·공조 설비에 대한 정기적 검진·평가 실시이다. EU 각국 별로 그 내용과 지원 정책에 차이를 보인다.

영국은 신규주택의 제로에너지 의무화시기를 세계적으로 가장 빠른 2016년으로 설정하고 주택 매매·임대 시 주택정보자료와 에너지성능등급서 첨부를 의무화하고 있으며, 제로에너지 설립을 위한 무이자 융자를 지원하고 있다. 독일은 신규 건축물을 패시브하우스 수준으로 의무화하고 에너지 향성정도에 따라 투자 금액의 5~12.5%의 보조금을 지원하고 있다. 프랑스는 2020년 주택에너지소비 38% 절감의 목표로 공동주택 80여만 개소를 연간 에너지소비량 150㎾h이하로 개선하고자 하며, 창호·보일러·신재생에너지 등 항목별 장려금 지급 및 개수공사 시 공사비 20% 이내 보조금을 지원한다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

2.2.3 에너지절감형 리모델링 기술적용 사례

앞서 소개한 에너지절감형 리모델링·친환경 리모델링·그린 리모델링 범주에 속하는 기존 사례들을 분석하여 연구의 방향 및 방법에 활용하고자 한다. 사례 분석의 주안점은 1) 에너지절감에 중점을 둔 사례로서, 2) 실제 기술 적용된 사례와 연구로서 가정한 사례를 각각 조사하였으며, 3) 리모델링 대상 건물의 유형과 시스템 선정은 어떠한 방식으로 이루어졌는지, 4) 에너지 절감을 위한 구체적 계획 요소는 무엇인지, 5) 성능평가를 위해 어떠한 기법을 활용하였는지를 중점적으로 분석한다.

(1) 국내 기술적용 사례

에너지절감을 위한 설계 및 시공되었거나 예정 중인 건축물을 파악하였다.

먼저 서울시 건물에너지효율화사업(Building Retrofit Project, BRP)의 대표사례를 조사하였다. 해당 사업은 건물 에너지 손실과 비효율적 요인을 개선하기 위해 에너지 절약시설을 개선 또는 설치하여 에너지 사용량 절감과 이용 효율을 향상시키는 사업으로서 "에너지이용합리화법 및 서울특별시 기후변화기금의 설치 및 운용에 관한 조례"의 추진근거를 가지고 있다.

동대문 M상가(판매시설, 2008년 시행)는 고효율 LED 조명 4,522등 교체 리모델링으로 전력 절감 및 기존 건물 대비 73% 에너지 절감(704TOE/년)을 달성하였다. K 양재동 사옥(업무시설, 2009년 시행)은 단열, 창호, 냉난방 시스템 개선, LED 조명 설치, 태양열·심야 전기설비 설치 등의 리모델링으로 기존 건물 대비 28% 에너지 절감(23TOE/년)을 달성하였다. 서울 P호텔(숙박시설, 2010년 시행)은 단열개선, LED 조명 설치, 건물자동화제어장치, 폐열회수설비, 태양광 설비 설치 등의 리모델링으로 기존 건물 대비 14% 에너지 절감(378TOE/년)을 달성하였다. S타워 빌딩(업무시설, 2011년 시행)은 단열개선, 창호개선, LED 조명 교체 등의 리모델링으로 기존 건물 대비 22% 에너지 절감(13TOE/년)을 달성하였다.

다음으로 한국시설안전공단 산하 녹색건축센터의 그린리모델링 사업의 대표사례를 조사하였다. 해당 사업은 설계·시공지원 유형이 존재하며, 일반 리모델링 사업의 그린 리모델링 전환 및 에너지 성능 향상을 위한 기술지원 사업이다.

서울세관 별관 청사(업무시설, 2013년 시행)는 준공 31년이 지난 건축물로서 외단열

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

설치, 차양 설치, 창호개선 및 태양광 창호 설치, LED 조명기구 교체, 공조 설비 개선 등의 리모델링을 추진하여 기존 건물 대비 62% 에너지 절감(104.3㎾h/㎡·년)을 달성하였다. 부천시립 원미도서관(공공문화시설, 2014년 시행)은 준공 20년이 지난 건축물로서 외단열 도입, 열교 취약부 보강, 창면적비 조정, 창호 교체, 외부 차양 설치, 자연 환기 시스템 도입, LED 조명기구 교체, 태양광 덕트·급탕 설비 설치 등의 리모델링을 추진하여 기존 건물 대비 38% 에너지 절감(199.1㎾h/㎡·년)을 달성하였다. 광주 J초등학교(교육연구시설, 2013년 시행)는 준공 30년이 지난 건축물로서 외단열 도입, 열교 취약부 보강, 창호 및 출입구 교체, 창면적비 수정, 옥상녹화, 공조 설비 교체, 태양광 발전 설비 설치 등의 리모델링을 추진하여 기존 건물 대비 60% 에너지 절감(200.4㎾h/㎡·년)을 달성하였다.

(2) 국외 기술적용 사례

미국 엠파이어스테이트 빌딩(Empire State Building)은 1931년 완공된 102층 규모의 초고층 빌딩으로서 건물의 노후화 및 에너지 성능향상을 위한 리모델링을 실시하였다. 총 5억 달러를 투자하여 개·보수작업을 실시하였고, 그 중 1억 달러는 친환경 기술을 적용하는데 사용하였다. 방음, 보온 효과가 뛰어난 double-hung window 사용, 센서 설치를 통한 자연채광 활용, 고효율 냉동기 설치, 변풍량 공조시스템 설치 등의 방법을 적용하였으며 기존 대비 38%의 에너지 사용량 절감을 나타낸다.

미국 윌리스 타워(Willis Tower)는 1974년 준공된 건물로서 총 3억 5천만 달러를 투자하여 리모델링 공사를 실시하였다. 연간 전기 사용량 80% 감소, 9000만 리터의 물 절약 등의 목표에 따른 친환경 리모델링 사례로 평가되고 있다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

2.2.4 에너지절감형 리모델링 연구 사례

(1) 국내 연구 분야 사례

연구 분야로서 리모델링이 적용되지 않은 상태이나 에너지절감을 위한 기술요소 도입 가정한 연구로서 에너지 평가, 타당성 평가, 경제성 분석 등의 내용의 사례를 파악하였다.

장현숙 외(2012)[24]의 연구는 서울시 중구에 위치한 업무시설(규모: 20층, 연면적: 34,451㎡)을 대상으로 외피성능 강화의 범위로 연구를 수행하였다. 세부 요소는 구조체 단열 강화, 창호성능 강화, 수평차양 설치의 3가지 요소를 다루었고, 각각 요소별 현행 법규 기준 대비 10%, 30%, 50% 강화의 대안을 제시하고 대안별 "건축물에너지효율" 예상등급을 분석하였다.

김기석(2014)[1]의 연구는 공공청사의 정의 및 공간적 특성을 파악하고 서울시청을 3D 모델링하여 에너지평가를 실시하였다. 평가 내용을 기본으로 자연채광, 자연환기, 단열성능, 창면적비, 일사열취득계수, 기밀성능, 열 회수, 공조계획, 조명계획, 태양광발전, 지열발전의 11가지 에너지절감 요소를 점진적으로 증가시켜 에너지효율등급을 평가하였다.

송수빈 외(2008)[19]의 연구는 표준 공동주택 세대 모델의 창호성능 강화에 따른 시공비 상승률과 1차 에너지 저감율을 제시하였으며, 특히 창호성능 중 열관류율 값을 점진적으로 향상시켜 최저 사양 외피(3.11W/㎡K) 대비 최고 사양 외피(2.30W/㎡K) 시공시 시공비용 상승 치, 연간 냉난방비 절감효과, 회수기간 평가를 실시하였다.

최보혜(2009)[25]는 전면외벽-슬래브, 측벽-슬래브, 후면외벽-슬래브의 구조체 접합부별로 외단열 시스템을 적용하였다. 적용 대안별 에너지평가를 통해 손실열량 및 획득열량(냉난방 부하)을 산출하고 이를 적용 전과 비교하여 외단열 시스템 적용 타당성을 증명하였다.

김재욱(2012)[4]의 연구는 소규모 공동주택을 대상으로 에너지 저감형 리모델링을 실시할 때 적용 가능한 에너지 저감 기술을 도출하고 에너지 성능과 경제성을 평가하였다. 현황 조사를 통한 에너지 저감 기술 56가지(저에너지 건물 조성 기술 9가지, 고효율 설비기술 14가지, 신재생에너지 이용기술 12가지, 외부환경 조성 기술 13가지, 녹색IT 기술 5가지) 중 전문가 면담을 통해 소규모 공동주택에 적합한 기술 18가지를 도출하였고, 각각 기술별 친환경주택 건설기준 및 성능 평가 지침보다 강화하는 대안별

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

에너지성능평가 및 경제성 평가를 실시하였다.

박대선(2008)[11]의 연구는 건물에너지 손실의 가장 취약한 부위인 창호를 대상으로 일사획득계수에 따른 냉난방에너지 소비량을 평가하였다. 중부, 남부, 제주 지역의 공동주택 및 업무시설을 대상으로 창호 물성치(일사획득계수)가 각각 다른 이중투명창호, 이중로이창호, 삼중로이창호 적용하여 에너지효율을 분석하였고, 이를 바탕으로 지역 기후 특성에 맞는 가장 효율적인 창호를 선정하였다.

박재성 외(2006)[23]의 연구는 창호시스템을 구성하는 요소(프레임 재질, 간봉, 유리두께, 방사율)를 조사하고, 각 구성 요소별 열관류율을 해석하여 고단열 창호 시스템의 열관류율 성능을 평가했다. 이를 바탕으로 에너지 절약형 창호 시스템을 제시하였다.

송수빈(2009)[20]의 연구는 공동주택 설계단계에 있어 건물 에너지 성능 향상을 위한 적정창호 선택을 위한 연구를 실시하였다. 국내외 창호 관련법을 조사하고, 정부규격 창호와 건설 시장에서 실제로 판매 중인 창호의 단열성능을 조사하여 대안별 에너지 소비비용 및 경제성 분석을 실시하였다.

김진아(2013)[6]의 연구는 업무용 건축물의 에너지절감을 위해 외피계획 시 고려할 4가지 요소(창면적비, 투과체, 외부차양, 외피 단열성능)에 대한 성능별 에너지평가를 실시하였다. 4가지 요소에 대하여 단일 적용으로 인한 경우와 복합 적용으로 인한 경우를 대안으로 설정하고, 에너지평가를 실시하여 최적외피 모델을 제시하였다.

임지연(2012)[16]의 연구는 리모델링 범주는 연구는 아니지만, 건물 외피(특히 커튼월)의 전과정 평가를 실시하여 커튼월 외피의 환경영향 관리체계를 구축하였다. 해당 체계는 커튼월 시스템 자재생산 및 시공에 있어 세부 활동별 환경영향정도를 평가하였으며, 이에 따른 환경영향 저감 방안 수립의 3단계 주요활동관리지점(최우선 관리, 우선 관리, 지속적 관찰)을 제시하였다.

최준호(2013)[26]의 연구는 건물 에너지 저감을 위해 적용 가능한 신재생에너지 기술을 도출하고 해당기술에 대한 다각적인 분석을 실시하였다. 그 결과, 기술진척도 파악에서 태양열 급탕, 지열냉난방시스템이 적용 가능한 기술로, 건축물 유형별 파악에서 태양열발전, 태양열 급탕, 태양열 냉난방, 독립형 태양광발전, BIPV, 지열냉난방시스템이 적용 가능한 기술로 도출하였다.

송필근(2012)[21]의 연구는 “그린홈 100만호 보급사업”에서 지원 받는 태양광 주택과 태양광 발전소가 산지에 건설되는 경우를 가정하여 경제성 평가 및 사회적 비용을

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

평가하였다. 평가 결과, 단순 손익계산에서는 경제적 이익이 없었으나 산림 보호와 같은 사회적 비용 절감, 기존 건축물의 에너지효율 향상, 정부지원금 보조 등의 방법을 통해 경제적 이익을 얻을 수 있음을 제시하였다.

김주영(2008)[5]의 연구는 각종 건축물의 에너지 소비 특성을 분석하고 건축물 적용에 적합한 신재생에너지원을 도출하여 에너지 효율성, 경제성, CO2 절감량을 분석하였다. 그 결과 태양광발전시스템 및 지열히트펌프시스템의 적용 효과를 도출하고 기술발전, 공급 확대에 따른 가격 절감, 정부 지원 등의 방법을 통해 적용 확대 방안을 제시하였다.

김진형(2010)[7]의 연구는 공동주택 태양광 발전 시스템 도입의 경제성을 평가하였다. 그 결과 현행 제도인 "태양광주택보급사업", "발전차액지원제도"에 더하여 "사회적손실비용"을 가정하여 태양광 발전 시스템을 공동주택에 도입하였음에도 경제적 이익이 없는 것으로 도출되었다. 따라서 공동주택에서 태양광 발전 시스템 설치는 정부 차원의 지원이 필수 불가결함을 제언하였다.

홍원화 외(2004)[30]의 연구는 대형 문화집회시설에 태양광 발전 시스템을 도입한 경우의 경제성 및 친환경성을 평가하였다. 해당 건물의 측면, 천정, 측면+천정에 설치하는 3가지 경우의 분석을 통해 냉난방부하절감 및 경제성, 환경성 측면의 이점을 제시하였다.

(2) 국외 연구 분야 사례

I.Hernandez-Perez 외(2014)[35]의 연구는 다양한 건물을 대상으로 반사형 외장재 설치 장소에 따른 에너지성능을 평가하였다. 사례별 시뮬레이션 결과, 옥상 부위에 반사형 외장재 적용 시 11~60%에 달하는 에너지 절감효과를 얻을 수 있었고, 반사형 외장재 적용 리모델링의 가장 적합한 부위로 제시하였다.

Abdultawab Qahtan 외(2014)[31]의 연구는 "flowing water film"을 외피 시스템에 적용하였다. 그 결과, 실내유입 일사를 차단하여 건물 내부의 냉방부하를 저감할 수 있음을 도출하였다.

M.P. Morales 외(2014)[37]의 연구는 경량블록벽체의 물성 치에 따른 열관류율 변화를 분석하였다. Clay conductivity 변화에 따른 열관류율 변화를 제시하고 이에 따른 조적조 건물의 에너지절감 기대 효과를 제시하였다.

Steinar Grynning 외(2013)[40]의 연구는 창호 물성 치 변화에 따른 냉난방 부하를 분석하였다. 열관류율과 일사열취득계수에 조절 및 ISO 18292에서 제시하는 물성치에 근

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

접하였을 때의 냉난방 부하를 분석하였다.

Ullar Alev 외(2014)[44]의 연구는 Baltic Sea 지역의 전통가옥의 에너지성능 향상을 위한 renovation 방법을 제시하였다. 에스토니아, 핀란드, 스웨덴 각각의 에너지성능 기준을 바탕으로 건물 외피 renovation 대안을 제시하고, 시뮬레이션을 통한 에너지 절감량 평가를 실시하였다.

Birgit Risholt 외(2013)[32]의 연구는 단독주택의 제로에너지화 renovation을 위한 지표를 제시하였다. Renovation을 위해 건축주가 평가해야할 4단계(Performance, Economic, Usability, Social)를 제시하고, 패시브하우스 기준에 부합하는 대안을 예시로 제시한 4단계 평가 프로세스를 구현하였다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

2.3 에너지절감형 리모델링의 주요 방법

에너지절감형 리모델링의 주요 방법을 서술하기에 앞서, 앞 장에서의 사례분석 결과를 도출하고자 한다.

(1) 일반적인 리모델링 프로젝트 설계 절차는 ①현장조사 → ②요구사항 수집 및 분석 → ③예산검토 → ④(에너지절감)요소기술선정 → ⑤도면 작성 → ⑥구조안전성 검토 → ⑦에너지성능평가 → ⑧보완사항 검토 → ⑨시공의 단계로 구성된다. 본 연구는 대안 선정을 위한 의사결정지원 모델 개발이 주(主) 목표이므로, 그 외의 단계사항은 본 연구에서 다루지 않는 범위로 설정한다.

(2) 에너지절감형 리모델링 대상에 있어서 공동주택(주거시설)에 비하여 일반건물(업무시설)이 상대적으로 효율적이다. 그 이유는 리모델링 추진 프로세스 측면에서, 건축주의 의사결정과정이 명확하게 반영되고, 리모델링 결과에 대한 정량적 평가체계를 요구하는 특성이 존재하기 때문이다. 따라서 본 연구에서 개발하고자 하는 의사결정지원 모델 대상 범위는 업무시설로 한정한다.

(3) 에너지절감형 리모델링은 그린 리모델링, 친환경 리모델링과 의미와 방식이 비슷하며 설계·시공 범위 및 제도 현황 상 패시브(passive)적 방법과 액티브(active)적 방법으로 이를 수행할 수 있다. 패시브적 방법은 건물 에너지요구량(energy requirement)을 감소시키는 건축적인 방법을 뜻하며, 액티브적 방법은 에너지 사용기기 및 시스템의 효율을 향상(efficiency improvement)시키는 설비적인 방법을 뜻한다. 이 중 패시브적 방법은 추가적인 에너지 사용 없이 건물의 에너지성능을 향상시킬 수 있어 에너지절감형 리모델링의 최우선 고려사항이다. 따라서 본 연구에서 리모델링 시스템 선정에 있어 그 대상을 외피시스템 및 신재생에너지 설비로 한정한다.

(4) 기술사례 분석결과, 공통적으로 건축(단열, 창호, 차양 등), 기계설비(냉난방설비, 공조 설비, 자동화장치), 전기설비(고효율 조명, 대기전력저감 설비), 신재생에너지(태양광, 태양열) 부문별로 개별적 리모델링 수행이 아닌 전체적인 리모델링 수행이 나타났다.

연구사례 분석결과, 각각 연구 주제별로 현행 법규나 사례 대상을 기준으로 에너지절감형 리모델링 기술(대안)을 제안하고 이를 평가하는 방식으로 연구가 진행되었다. 또한 리모델링 특성상 투자비 발생에 따른 비용회수가 중요하므로 경제성 평가 과정이 필수로 진행되었다.

dCollection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

따라서 본 연구에서의 구체적 에너지절감형 리모델링 방법은 외피시스템과 신재생에너지설비 시스템으로 정하였고, 세부방법은 창호/커튼월, 태양광발전으로 정하였다. 이는 1)건축물 이미지 조성, 심미적 이유 등으로 외피 중 유리의 특성을 살린 리모델링이 증가하고 있는 이유에서이며,[9] 2)본 연구에서의 모델은 동적 시뮬레이션 툴을 포함하고 있지 않기 때문에, 열관류부하 이외의 요소(기밀성, 일사량 등)를 산정하는데 한계가 있기 때문이며, 3)태양광발전은 태양열, 지열에 비해 리모델링 건축물에 가장 독립적으로 설치할 수 있는 설비이기 때문이다.[26] 구체적인 설명은 다음과 같다.

▶ 외피시스템: 에너지절감을 위한 건물 외피에 대한 고려는 가장 보편적이고 가장 비중이 큰 요소이다. 이는 건물의 외피가 구조체의 열전도나 창의 일사획득 등을 통해 열 획득과 열손실이 가장 많이 발생하는 부분으로, 축열용량이 큰 외벽은 외부환경 조건이 실내로 직접 전달되는 것을 지연시켜 실내 온도 변화의 폭을 줄여주는 등 실내환경과 실외환경의 경계로서 작용하기 때문이다.[40]

▶ 신재생에너지설비 시스템: 신재생에너지는 1차 에너지를 사용하지 않고 자연그대로의 에너지원을 통해 가동되는 시스템이다. 이는 에너지절감 수준을 넘어 에너지생산의 개념이며, 온실가스 저감 환경 보전, 화석 연료 고갈에 따른 대체에너지원 개발 측면 등에서 많은 산업에서 사용되고 있다. 정부에서도 신재생에너지설비 설치에 대해 긍정적으로 받아들이고 있으며, 관련 지원 정책이 증가하고 있어 많은 건축물에 해당 기술이 보급되고 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

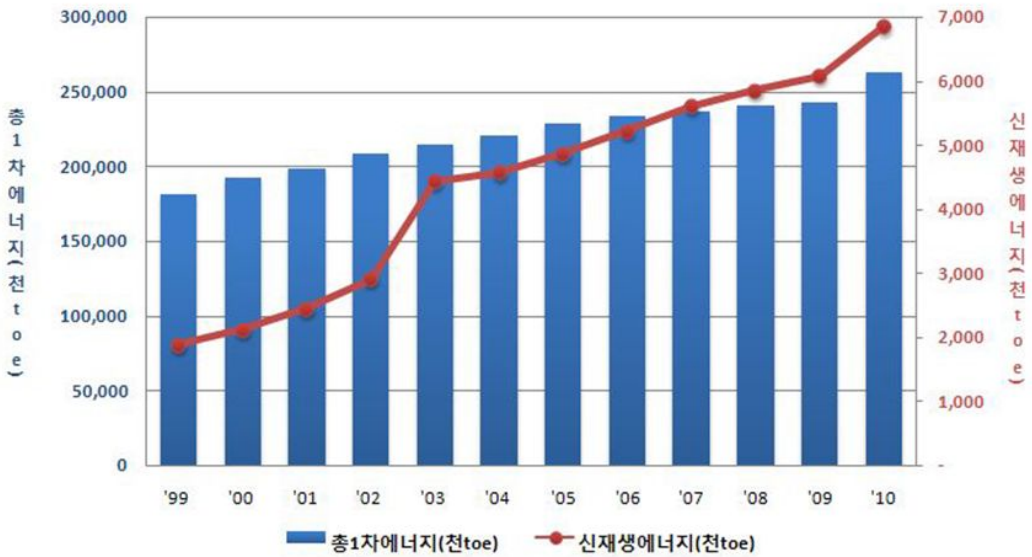


그림 2.9 신재생에너지의 1차 에너지 대비 연도별 증가추이[11)]

그러나 조사한 대부분의 에너지절감형 리모델링 사례들의 "시스템 선정 및 대안 제시 과정"에서 문제점을 발견할 수 있었다. 1) 기술적용 사례에서, 법규 조건을 충족하는 시스템(대안)만을 선정하여 수행하였으며, 2) 유사 리모델링 사례를 근거로 동일한 시스템을 선정하여 수행하기도 하였다. 또한, 3) 연구 사례에서, 단순 법규 조건을 비율적으로 강화하는 방식의 시스템 제시나, 4) 대상 건물의 에너지 시뮬레이션 조건과 같은 정량적 평가만을 바탕으로 시스템을 선정하여, 5) 전체적으로 시스템 선정 과정에 있어, 의사결정권자의 의견이나 선호사항, 제약사항 등이 반영되지 못하였고, 6) 이러한 조건을 총체적으로 반영하는 의사결정 연구가 전무하다는 문제점이 있었다.

따라서 본 연구에서의 에너지절감형 리모델링의 구체적 방법은 외피 시스템 개선 및 신재생에너지설비 도입으로 한정하였으며, 따라서 다음 장에서는 시스템 선정의 문제점을 보완할 수 있는 의사결정 방법/과정에 대하여 조사하고, 모델 개발을 위한 요소들을 파악하여, 의사결정지원 모델을 개발하고자 한다.

11) 에너지관리공단 신재생에너지센터, 신재생에너지 보급통계 中 (2010)

dCollection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

표 2.2 국내 기술사례 분석 종합

순번	연도	대상 건축물	시스템 선정 방법	에너지 절감 계획			
				건축	기계설비	전기설비	신재생
1	2008	동대문 M상가	서울시 건물에너지효율화사업 에너지이용합리화법 기준 이상	-	-	고효율 조명	-
2	2009	K 양재동사옥		단열 강화 창호 교체	냉난방시설 교체	고효율 조명	태양열 급탕
3	2010	서울 P호텔		단열 강화	폐열회수장치 설치	고효율 조명	태양광 발전
4	2011	S타워 빌딩		단열 강화 창호 교체	-	고효율 조명	-
5	2013	서울세관 별관 청사	사전조사를 통한 에너지성능평가를 기초로 협의	단열 강화 창호 교체 외부차양 설치	냉난방시설 교체 폐열회수장치 설치	고효율 조명	태양광 발전
6	2014	부천시립 도서관		외단열 추가 창호 교체 외부차양 설치 창면적비 수정	냉난방시설 교체	-	태양열 급탕
7	2013	광주 J초등학교		외단열 추가 창호 교체 외부차양 설치 창면적비 수정	자동온도조절 시스템	고효율 조명	태양광 발전
8	2011	K 생명 본사사옥	에너지절약계획서 제출대상 기준 법규 이상	창호 교체	공조시설 교체 냉난방시설 교체	고효율 조명	-

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

표 2.3 국내 연구사례 분석 종합

순번	연도	저자	대상 건물	연구 대상	시스템(대안) 선정 방법	에너지성능 평가 기법	경제성평가 기법	환경영향 평가 기법
1	2012	장현숙 외	업무시설	구조체 단열 강화 창호성능 강화 수평차양 설치	현행 법규 기준 대비 10%, 30%, 50% 강화의 대안 제시	ECO2	-	-
2	2014	김기석	공공청사	조명계획, 창면적비, …, 지열에너지(11개)	건축물에너지효율등급 5등급에서 1등급 달성까지의 점진적 대안 추가	Energy Plus	-	-
3	2008	송수빈 외	공동주택	창호성능 강화	단열성능을 점진적으로 향상시킴	Sim-Heat	회수기간 평가	-
4	2009	최보혜	공동주택	외단열 시스템 적용	구조체 접합부 부분별 외단열 시스템 추가설치 가정을 통한 대안 제시	Physibel Voltra 6.0W	-	-
5	2012	김재욱	공동주택	단열 강화 창호성능 강화	친환경주택 건설기준 및 성능 평가 지침에 따른 5가지 분류 사항을 각각 강화하는 대안 제시	CE3	회수기간 평가	-
6	2008	박대선	공동주택 업무시설	창호성능 강화	일사획득계수에 따른 3개 제품군의 에너지 소비량 비교 평가	ESP-r	-	-
7	2006	박재성 외	-	창호성능 강화	창호 구성 물성 치 각각을 변화시킨 대안 제시	WINDOW 6.0 THERM 5.0	-	-
8	2009	송수빈	공동주택	창호성능 강화	창호 단열특성 폭이 넓은 20개 제품을 선정하여 각각 시스템별 에너지절감 효과 평가	DOE-2 Transys	회수기간 평가	-

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

표 2.4 국내 연구사례 분석 종합(계속)

9	2013	김진아	업무시설	창호성능 강화 차양 설치	외피계획 고려사항 4가지(창면적비, 투과체, 외부차양, 단열성능)에 대한 성능별 대안 제시	Energy Plus	-	-
10	2012	임지연	주상복합	커튼월	(대안 제시 없음)	계산식 활용	-	환경영향 범주에 따른 분석
11	2013	최준호	-	신재생에너지	11가지 신재생에너지원 중 건물에 적용 가능한 시스템에 대한 현황조사 및 자문	-	-	-
12	2012	송필근	공동주택	태양광 발전	전력 사용량을 기초로 정부정책 권장 규모 설치	계산식 활용	순현재가치 평가	사회적 손실 비용 추정
13	2008	김주영	교육시설 업무시설	태양광 발전 지열 발전	건축공사비 대비 일정 비율만큼의 설치	계산식 활용	비용/편익 분석	-
14	2008	이철호	발전시설	태양광 발전 풍력 발전 소수력 발전 바이오가스 발전	시장 현황을 토대로 규모 선정	계산식 활용	KEMCO CDM 경제성분석 툴	-
15	2010	김진형	공동주택	태양광 발전	전력 사용량을 기초로 정부정책 권장 규모 설치	계산식 활용	순현재가치 평가	사회적 손실 비용 추정
16	2004	홍원화 외	업무시설	태양광 발전	일일 일사량 분석을 기초로 측면, 천정, 측면+천정의 3가지 대안 제시	계산식 활용	비용/편익 분석	CO2 발생저감 비율 분석

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

표 2.5 국외 연구사례 분석 종합

순번	연도	저자	대상 건물	연구 대상	시스템(대안) 선정 방법	에너지성능 평가 기법
1	2014	I.Hernandez-Perez 외	다양	반사형 외장재	실제 사용하는 다양한 반사형 외장재 제시	Energy Plus Transys
2	2014	Abdultawab Qahtan 외	-	flowing water film	(대안 제시 없음)	계산식 활용
3	2014	M.P. Morales 외	주택	경량블록벽체	물성 치(conductivity) 변화에 따른 대안 제시	계산식 활용
4	2013	Steinar Grynning 외	업무시설	창호	열관류율 및 일사열취득계수 변화에 따른 대안 제시	Energy Plus
5	2014	Ullar Alev 외	전통가옥	외피 전 부분	3개국의 에너지성능 기준에 따른 대안 제시	IDA-ICE 4.2
6	2013	Birgit Risholt 외	단독주택	창호 교체 외단열 시스템 적용	패시브하우스 기준에 따른 대안 제시	-

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3장. 에너지절감형 리모델링 대안 선정 의사결정지원 모델 개발

본 장은 앞서 조사하였던 에너지절감형 리모델링에 대한 고찰을 바탕으로, 모델의 구체적 개발내용을 설명하고자 한다. 즉, 1) 합리적 시스템 선정을 위한 의사결정 요인/과정을 정의하고, 2) 에너지절감형 리모델링 수행을 위한 외피 시스템(특히 창호부문)과 신재생에너지설비 설치의 핵심 사항을 파악하고, 3) 해당 요인을 도입한 의사결정 프로세스와 사용자 인터페이스(User Interface, UI) 개발 내용을 다룬다.

3.1 리모델링 대안 의사결정모델 개발방향

3.1.1 의사결정의 개념

의사결정과정이란 문제와 관련된 사실을 수집, 분석하고, 이를 가치의 관점에서 해석하여 해결대안을 찾는 의식적 과정이다. 이 말은 의사결정 과정이 객관적 사실뿐만 아니라 가치판단도 포함하고 있어서 상황에 따라 의사결정자의 주관적인 생각도 반영될 수 있음을 의미한다. 또한, 의사결정이 시간의 경과와 상황에 변화에 따른 동태적인 개념을 포함하는 것이라면 결정은 의사결정이라는 지속적 과정의 한 단계라 할 수 있다.[12]

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3.1.2 의사결정 모형 - 만족모형, 점증모형

의사결정 모형은 크게 두 가지 분류로 구분되는데, Simon이 제시한 만족모형과 Lindblom의 점증모형이 있다.

만족모형은 최적의 대안보다는 만족스러운 대안을 선택하는 것으로, 어떤 문제의 필요성을 만족시키는 정도의 수준에서 결정하는 이론이다. 현실의 의사결정자가 인지능력상 한정된 능력만을 가지고 있다는 것을 기본적 전제로 하여 의사결정을 지배하는 것은 최적화의 기준이 아니라 만족화의 기준이라는 이론이다. 해당 모형의 특성은 제한된 합리성(bounded rationality)에 있어 수단·목적 분석을 통해 의식적으로 합리성을 추구하지만 절대적 합리성을 추구하지 않는 것에 있다.

점증모형은 현실을 긍정하고 그보다 약간 향상된 정도의 수준에서 결정하는 이론이다. 현재의 상태보다 아주 쇄신적이거나 창조적인 수준에서 이루어지기보다는 점증적으로 달라지는 수준에서 이루어진다는 이론이다. 해당 모형의 특성은 모든 대안을 총체적으로 분석하기보다는 현상에서 약간 향상된 대안을 채택할 수 있다는 것에 있다.[3]

리모델링에서 시스템 선정에 관한 입장에서의 의사결정모형은, 원하는 목적에 도달하기 위한 최적의 대안을 선택하는 입장에서 점증모델에 의한 의사결정이라 할 수 있다.

dCollection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

3.1.3 의사결정 과정

앞서 언급한 바와 같이 의사결정이란 여러 가지 선택 가능한 행동 또는 방법 가운데 어떤 목적이나 목표를 가장 효과적으로 달성하게 하는 최적의 행동 또는 방법을 선택하는 것을 말한다. 따라서 합리적인 의사결정을 위해서는 먼저 의사결정자가 자신의 달성 목적 또는 목표를 명확하게 설정하여야 한다.

목표가 설정되면 의사결정자는 그 목표를 달성하게 해주는 대안을 파악하고, 각각의 대안별로 분석에 필요한 자료를 수집하여야 한다. 의사결정은 그 성격상 여러 가지 선택 가능한 행동, 효과적으로 목표를 달성하는 최적행동을 선택하는 것이므로 의사결정 시에는 적어도 두 개 이상의 대안이 존재하여야 하고, 반드시 여러 가지 선택가능한 방법이 존재하게 되는 것이다.[8]

따라서 의사결정과정은 다음의 과정을 거쳐 이루어진다.

(1) 문제의 정의

의사결정 과정의 첫 단계는 해결해야 할 문제를 파악하고 정의하는 일이다. 무엇을 달성하고, 무엇이 이익이고, 무엇이 추구하는 가치인지를 명확히 설정하여야 한다.

(2) 대안의 개발

의사결정의 문제가 정의되면 문제를 해결할 수 있는 여러 가지의 선택 가능한 방법, 즉 대안(Alternatives)을 탐색하여 확정해야한다.

(3) 의사결정모형의 수립

대안이 개발되었다면, 각각의 대안들에 대하여 고려하여야 할 요소들을 정하는 절차가 의사결정모형의 수립단계이다. 이것은 주로 선택에 편리하도록 계량적인 모형이 되는데, 각각의 대안들에 대하여 어떠한 항목들을 포함시켜야 할 것인가를 선정하는 일이다.

(4) 자료의 수집

의사결정 모형이 정립되면 모형에 따르는 각각의 자료들을 수집하여 모형에 대입하여야 할 것이다. 자료(Data)는 광범위한 정의로서 구체적인 정보(Information)일 수도, 사실(Facts)일 수도 있다.

(5) 대안의 선택

수집된 자료를 가지고 의사결정모형에 대입하면 의사결정을 위한 모든 작업은 마친 것이 된다. 의사결정모형에 따라 계량화된 정보 중 하나를 의사결정자들은 쉽게 선택

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

함으로써 의사결정을 할 수 있게 된다.

(6) 대안의 실행 및 평가

여러 가지 대안 중에서 하나를 선택하게 되면, 그 대안을 이행(Implementation)하는 단계이다. 또한 이행 결과를 평가/예측하고 최종 대체안의 적합성 여부를 판단해야한다.

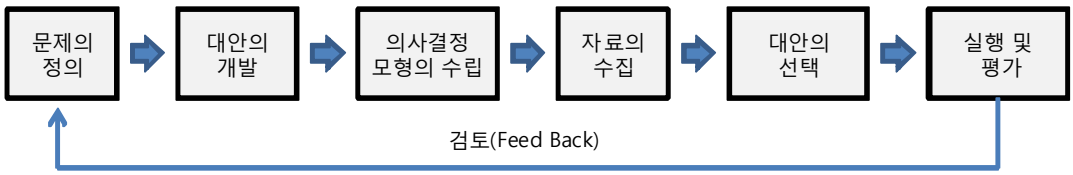


그림 3.1 의사결정 과정

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

3.1.4 리모델링 프로젝트의 의사결정과정

이상과 같은 의사결정과정을 기반으로, 리모델링 프로젝트에서의 의사결정과정은 다음과 같다. 먼저 리모델링 필요성을 인식한 후 리모델링 공사범위를 설정한다. 그리고 설정된 공사범위를 바탕으로 리모델링 방법에 대한 대안을 설정하게 된다. 대안을 각각에 대하여 의사결정 기준 항목을 선정하고, 대안별 기준항목 비교평가를 거친다. 평가 결과 값이 적합하다면 해당 대안을 선택하고, 그렇게 않으면 다른 대안을 재평가하는 순환평가를 실시한다.[2]

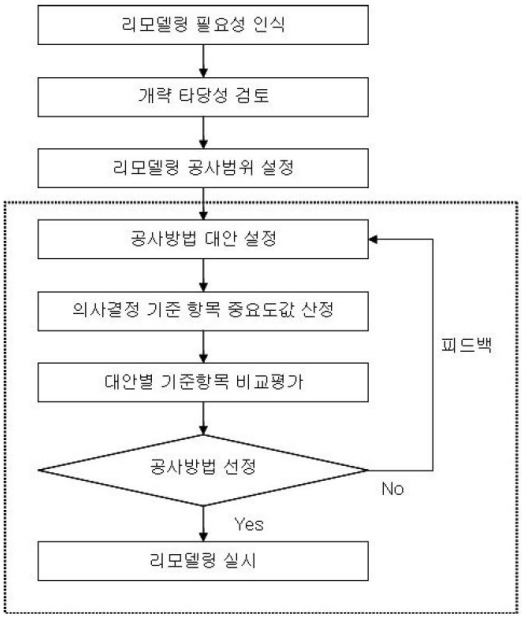


그림 3.2 리모델링 프로젝트의 의사결정과정[12)]

에너지절감형 리모델링 프로젝트 계획과 시스템 선정에 있어 의사결정은 공사수행 및 의사결정자가 가장 만족할 수 있는 합리적 수준의 의사결정이 필요하다. 또한 연구범위가 외피 시스템 및 신재생에너지 설비로 독립적 변수이므로 가중치 설정보다는 다기준 의사결정기법의 의사결정과정이 필요하다.

따라서 다음 장에서는 의사결정과정을 바탕으로 하는 목표 설정, 대안 개발, 대안의 정성적·정량적 구성요소, 평가방식, 순환평가 알고리즘 등에 대하여 서술하여 모델 개발의 과정을 설명하고자 한다.

12) 김기인 (2010), 오피스 리모델링 공사방법 선정을 위한 의사결정모델에 관한 연구, 한양대학교, 석사학위논문

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

3.2 모델 핵심모듈

에너지절감형 리모델링의 외피 및 신재생에너지 시스템 선정을 위한 모델 구체적 고려사항을 설명하고자하며, 이를 "핵심모듈"로 명명한다.

3.2.1 리모델링 대안 선정기준 설정 모듈

(1) 선정기준 1: 에너지절감량

의사결정모델을 통해 최종적으로 선정된 시스템을 건물에 적용하였을 때, 얼마만큼 에너지 절감이 가능한지의 에너지절감량을 설정하여야 한다. 건물 시공/운영 측면에서 보았을 때, 기자재 효율이 높아질수록 그에 따른 에너지절감량 기대치 역시 높아진다. 그러나 그만큼 시공비용이 높아지는 한계에 도달한다. 본 모델은 기존 건축물 대비 리모델링 후 절감 가능한 값을 비율로서 표현하여 에너지절감량을 설정한다.

에너지절감량 설정은 의사결정권자의 고유 권한이나, 이를 돕고자 앞서 소개한 미국의 친환경인증제도 LEED 기준을 제시하고자 한다. LEED 기준 중 기존 건축물을 대상으로 에너지절감량에 따라 인증 점수를 부여한다. 해당 기준은 에너지절감량이 최소 8%인 경우 인증 점수 1점을 부여하며, 최대 44%인 경우 인증 점수 19점을 부여한다.

표 3.1 Points for EAc1 Option 1 for Improvement in Building Performance Over the ASHRAE 90.1-2007 Base Case

Existing Building Renovations [%]	LEED Point
8	1
10	2
12	3
14	4
16	5
34	14
36	15
38	16
40	17
42	18
44	19

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

(2) 선정기준 2: 신재생에너지 생산비율

건축물 운영에 있어 1차 에너지 소모를 음(-)의 개념으로 생각한다면, 신재생에너지는 외부 자연환경으로부터 얻어 건축물에 에너지를 공급하는 양(+)의 개념으로 볼 수 있다. 신재생에너지 설비는 에너지절감형 리모델링의 필수사항은 아니지만, 환경부하 및 에너지절감 달성 측면에서 잠재력이 높은 친환경 기술이다.

특히 앞서 에너지절감량 설정에서 참고한 바와 같이, LEED 기준에서는 건축물 총 에너지 소비량 대비 신재생에너지 설치로 인해 생산한 에너지 비율에 따라 인증 점수를 부여하고 있다. 해당 기준은 에너지 생산량이 최소 1%인 경우 인증 점수 1점을 부여하며, 13%의 경우 인증 점수 7점을 부여한다.

표 3.2 LEED-NC 2009 Points Available for Various Levels of Renewable Energy

Percent of Total Building Energy Provided by Renewable Energy Source [%]	LEED Point
1	1
3	2
5	3
7	4
9	5
11	6
13	7

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

3.2.2 리모델링 대안생성 모듈

앞서 설명한바와 같이 리모델링 프로젝트의 에너지성능을 향상시키는 측면에서, 본 연구에서 고려한 요인은 외피시스템과 신재생에너지설비 시스템의 설치이다. 이러한 두 가지 리모델링 공사내용에 대해, 다양한 대안이 존재할 수 있으며, 본 절에서는 대안을 생성하는 방법에 대해 설명하였다.

먼저 외피 시스템은 1) 어느 위치, 어느 향(向)에 설치할 것인가에 대한 "설치 방향" 요소와, 2) 의사결정자의 정성적(Qualitative) 선호도를 반영하는 "외피 구성요소"가 있다.

신재생에너지 설비는 1) 대상 건물에 따라 설치 가능 여부가 매우 제한적이므로 이를 고려하는 "설치 가능여부" 요소와, 2) 설치가능 시스템의 "성능 요소"가 있다.

시스템별 고려요인 설명을 위해, 외피 시스템을 "SS"(Skin System), 신재생에너지 시스템을 "RES"(Renewable-Energy System)로 서술하도록 한다.

(1) SS- 설치 방향

건물은 그 위치 및 시공에 따라 정면, 배면, 측면을 정의하고, 정면이 가르치는 사방(四方) 혹은 팔방(八方)에 따라 향(向)을 명명한다. 건물 향에 따라 계절별, 시간대별 일사 조건이 다르고, 주출입구에 따라 건물의 이미지, 동선, 접근성 등의 변수가 발생한다. 또한 주변 환경 및 인접건물, 지형 등의 물리적 조건에 의해 리모델링의 적합성이 달라지기도 한다.

따라서 일반적인 리모델링 및 에너지절감형 리모델링에서, 외피 리모델링 위치를 정하는 것은 리모델링 후 결과 및 성능 평가에 중요한 영향을 미친다.

(2) SS- 외피 구성요소

건물 외피는 외부디자인에 있어서 건물 자체의 이미지 조성 및 개방감, 심미성 등의 디자인 측면에서의 그 중요도 높다할 수 있다. 이러한 외피 시스템 특성상, 어떠한 구조형식, 디자인이 적합한지의 사항은 의사결정자에게 중요한 요소 중 하나로 작용한다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

▶ 외피구조형식

외피구조형식은 창호와 커튼월 방식으로 구분할 수 있다.

① 창호형식 외피 : 기존의 창호형 외피에서 별도의 벽체, 인방 등의 해체 없이 시공할 수 있으며, 창면적비 증가에 따른 일사 유입 과다현상을 방지할 수 있다.

② 커튼월형식 외피 : 건물 개방감 확보 측면 및 시공의 편의성 측면에서 선호되는 사항이다. 공사 수행방식에 따라 기존 외벽을 해체·철거해야하는 단점이 있으나, 최근 기존 외벽을 보전한 상태로 커튼월을 최외단에 추가하는 이중외피구조(Double Skin Facade) 방식이 적용되어 단점을 극복하고 있다.

그림 3.3 외피구조형식(좌: 창호[9], 우: 커튼월[10])

▶ 외피개폐형식

외피개폐형식은 환기 측면에서 매우 중요한 작용을 하며, 재실자의 판단에 따라 능동적으로 환기를 조정할 수 있는 측면에서 그 중요성이 있다. 외피개폐형식은 고정식(fix), 미닫이식(lift & sliding), 여닫이식(swing or tilt & turn)으로 구분할 수 있다.

① 고정식 외피 : 별도의 여닫이, 미닫이와 같은 개폐형식이 없는 창호로서, 환기성능 측면 및 재실자의 능동적 환기와 폐열 방출 측면에서 불리한 형식이나, 누수, 외부공기의 원천적 차단 측면에서 그 장점이 있다.

② 미닫이식 외피 : 전통적인 형식의 창호로서 창의 호차(Roller)가 창틀의 레일 위를 굴러다니는 일반적인 형식이다. 가장 많이 접할 수 있는 외피이며, 환기 측면에서

13) 이미지 출처: http://kr.aving.net/news/view.php?articleId=163796
14) 이미지 출처: http://blog.daum.net/9594253

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

매우 유리하나, 빗물이 역류하거나 열교 취약부 발생 등의 단점이 존재한다.

③ 여닫이식 외피 : 창문의 상단이나 측면 부분이 10~15도 기울어지는 방식으로 개폐가 가능한 형식이다. 여닫이식 외피는 미닫이식 외피의 단점인 열교 취약부 발생, 누수, 기밀성 저하 등을 개선함과 동시에 밀폐성 강화, 열손실 방지 등의 장점이 있다.

그림 3.4 외피개폐형식(좌: 고정식[15], 우: 미닫이식[16], 하: 여닫이식[17])

▸ 프레임 재질

프레임 재질은 창호형식 외피의 창틀, 커튼월 형식 외피의 프레임이 어떠한 재질로 이루어져 있는지를 말한다. 종류로서 목재, 철, 알루미늄, 스테인리스, 플라스틱(합성수지) 형식이 존재하나, 목재 형식은 내화성, 내구성 측면에서 좋지 않고, 철재 형식

15) 이미지 출처: 서진아우스바이튼, http://folding.tistory.com/
16) 이미지 출처: http://www.sesiro.net/bangbum.htm
17) 이미지 출처: http://blog.daum.net/_blog/ArticleCateList.do?blogid=0UKrp&CATEGORYID=4

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

은 부식이 쉬워 건물 외피시공에는 사용되지 않는다.

① 알루미늄 프레임 : 비교적 무게가 가볍고, 녹슬지 않아 사용연한이 길고 기밀성이 우수하나, 내화성이 약하고 이질재료와 접촉 시 부식되고 알칼리성에 약한 단점이 있다.

② 스테인리스 프레임 : 철재에 비해 강도 및 내부식성이 크고 외관이 미려한 장점이 있으나, 제품의 무거움으로 개폐와 시공이 어렵고, 가격이 비싼 단점이 있다.

③ 플라스틱 프레임 : 색상·형상이 다양하고 단열 및 방음효과가 높고 개폐 시 유연성이 높고 무게가 가벼우나, 제작공법에 따라 용접식은 제작이 복잡하고 시공이 불편 단점이 있고, 조립식은 용접식에 비해 밀폐성과 기밀성이 떨어지는 단점이 있다.

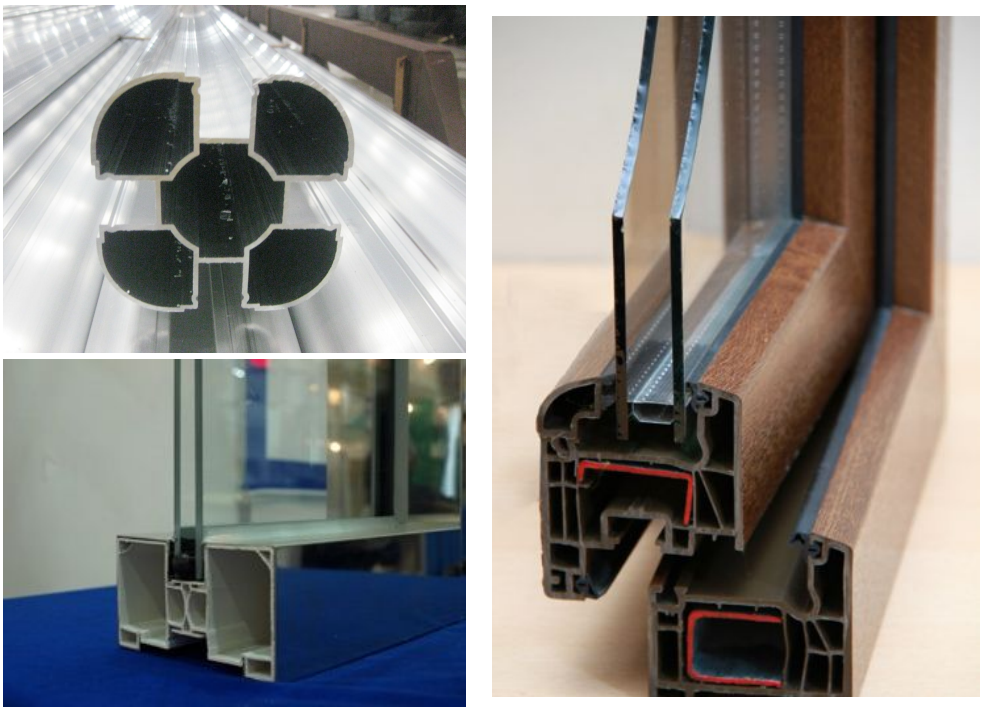


그림 3.5 프레임 재질별 외피(상: 알루미늄[18], 하: 스테인리스[19], 우: 플라스틱[20])

18) 이미지 출처 : http://newimg.globalmarket.com/filestorage/gallery/manufacturer/465/1692465/prod/81_1376988379745.jpg
19) 이미지 출처 : http://www.windownews.co.kr/wys2/file_attach/2013/11/29/1385708636-0.jpg
20) 이미지 출처 : http://www.az.all.biz/img/az/catalog/18050.png

dCollection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

▶ 로이(Low-E) 코팅 기술

로이유리는 복사열 차단을 목적으로 일반유리의 표면에 특수 코팅을 처리하여 방사율(emissivity)을 낮춘 유리이다. 로이 코팅은 가시광선이나 적외선의 특정 영역을 반사시키도록 조정하는 것이 가능하므로, 원하는 파장의 빛은 투과시키고 나머지는 반사시킬 수 있는 기술이다. 즉, 복사열과 적외선은 반사키여 열 취득을 낮추면서도 높은 빛투과성을 유지할 수 있다. 그러나 겨울철의 경우 외부 일사를 받지 못해 난방 부하 측면에서 불리한 단점도 있다.

▶ 가스 주입 기술

이중유리 구조로 된 창호의 경우 유리와 유리 사이의 공간이 생기며 이는 유리의 단열성능에 영향을 미치는 요소이다. 이 공기층은 전도[21] 손실은 감소하지만 대류에 의한 교란현상으로 대류손실이 증가한다. 따라서 이를 보완하기 위하여 건조공기 또는 공기보다 중량이 크고 열전도율이 낮은 가스(아르곤, 크립톤, 제논 등)를 주입한다.[23]

(3) RES- 설치 가능여부

신재생에너지 설비는 국내 '신재생에너지 및 재생에너지 개발보급 촉진법'을 통해 그 분류를 할 수 있다. '신에너지'에 해당하는 종류는 ①연료전지, ②수소에너지, ③석탄액화가스화가 있으며 '재생에너지원'에 해당하는 종류는 ④태양열에너지, ⑤태양광에너지, ⑥바이오매스, ⑦풍력에너지, ⑧소수력에너지, ⑨지열에너지, ⑩해양에너지, ⑪폐기물에너지의 11가지 종류가 존재한다.

그러나 건물에 적용할 수 있는 신재생에너지 설비는 매우 제한적이며, 이는 건물 규모, 주변 환경 등의 물리적 한계로 인해 발생한다. 전문가 집단의 인터뷰 내용을 통해 건물 적용가능 신재생에너지 설비는 태양열에너지, 태양광에너지, 지열에너지, 풍력에너지, 연료전지로 나타났다.[26]

또한, 각각의 설비별 특성을 파악하여 리모델링 프로젝트에 적용할 수 있는 설비를 구분한 결과 태양광에너지, 태양열에너지 시스템이 적합하였다. 이는 풍력에너지 설비

21) 열 이동의 3요소(전도, 대류, 복사)
전도 : 물체에서 이웃한 분자들의 연속적인 충돌에 의해 열이 전달되는 현상(주로 고체).
대류 : 액체나 기체 상태의 분자가 직접 이동하면서 열을 전달하는 현상.
복사 : 열이 물질의 도움 없이 직접 전달되는 현상.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

는 대규모 공간을 필요로 하며, 설치 규모대비 발전량이 부족하며, 지열에너지 설비는 리모델링 공사에서 지반 굴착 및 개량이 매우 제한적이라는 한계가 있으며, 연료전지 설비는 현재 기술개발 수준에서는 발전량 대비 재료비가 비싸 경제성이 떨어지는 단점이 있기 때문이다.

따라서 태양광에너지 설비(독립형 태양광발전, 일체형 태양광발전)와 태양열에너지 설비(태양열 발전, 태양열 급탕, 태양열 냉난방) 중 설치가능여부를 판단해야한다.

(4) RES - 설비 성능, 비용요소

▶ 태양광 발전

태양광 발전 설비는 태양의 빛에너지를 변환시켜 전기를 생산하는 발전기술로서 햇빛을 받으면 광전효과에 의해 전기를 발생하는 태양전지를 이용한 발전방식이다. 구성요소는 태양전지 셀(Cell)과 모듈(Module)의 집합인 어레이(Array), 인버터(Invertor), 축전지(Battery)로 구성되어 있으며, 태양광 어레이 변환효율, 시스템 발전효율, 태양에너지 의존율, 시스템이용률 등의 조건에 따라 그 성능이 달라진다.[22]

태양광 발전 원리는 광전효과(Photovoltaic Effect)에서 기인한다. 광전효과는 성질이 서로 다른 n형, p형 반도체를 접합시킨 태양전지 셀에 빛을 비추면 전자와 정공이 분리되며 전기를 발생시킨다. 이때 생성된 전기를 인버터를 통해 교류전원으로 바꾸어 젼력원으로 공급하는 것이다.

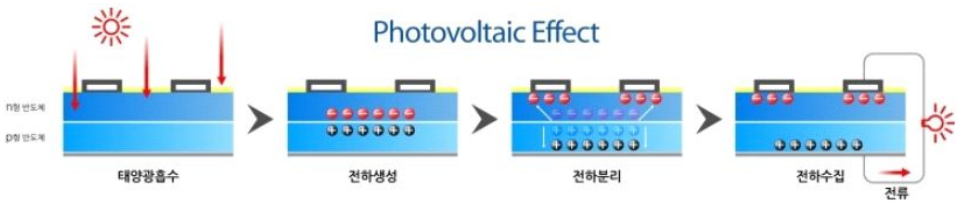


그림 3.6 광전효과의 원리

태양전지가 일정단위로 모아져 모듈(Module)을 이루고, 모듈이 모아져 어레이(Array)라는 태양광 집광판을 구성한다. 태양광 발전 성능은 모듈의 "최대출력전력"을 통해 산출할 수 있다. 따라서 1 어레이당 모듈 개수를 산정함으로서 태양광 발전 성능을 산정할 수 있다. 본 연구에서는 태양광 발전 성능인 '태양전지어레이 설계용량'을 주 성능요소로 설정하였다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

3.2.3 리모델링 대안별 에너지성능평가 모듈

실내 온도조건은 인체발열, 기기발열, 외기도입, 일사도입 등의 복합적 작용을 통해 조성되며, 일정한 공간 내의 실내 온도를 적정 수준의 온도로 조절하는데 냉난방 설비가 필요하다. 이러한 냉난방 설비는 필연적으로 에너지를 소요하며, 해당 설비의 에너지 소요량은 전체적으로 건물 에너지 소요량이라 할 수 있다.

본 연구에서의 에너지성능평가는 환경공학 측면에서의 열용량 산정과 열량변환의 계산식을 통해 에너지 소요량 및 리모델링 시스템 도입에 따른 에너지성능을 평가하고자 한다. 이 방식은 열 환경 분야의 기초적 산식과 실무에서 사용하는 냉난방 설비 산정의 계산식을 통한 접근 방법으로서, 현재 상용되고 있는 동적 에너지 시뮬레이션 프로그램에 비해 평가의 정확도는 다소 떨어지는 단점이 있지만, 별도의 모델링 및 까다로운 데이터셋(Data Set)이 불필요하다는 측면의 장점이 있다.

에너지성능평가의 과정은 다음과 같다. 1) 실 체적에 따른 열용량 부하를 산정하고, 2) 건물 외피 조건에 따른 열관류 부하를 산정한다. 3) 열용량 부하 및 열관류 부하에 따른 적정 냉난방 설비시스템 선택하고 해당 설비의 에너지소모량을 산출하고, 4) 재생에너지설비의 에너지생산량(발전량)을 산출한다. 5) 마지막으로, 에너지소모량과 에너지생성량을 합산함으로서, 건물 총 에너지소요량을 산출한다.

▸ 실 체적에 따른 요구 열용량: 건물 체적[㎥]에 따른 필요 열용량을 뜻하는 것이며, 해당 개념은 비열(specific heat)에서 시작된다. 비열[㎉/㎏℃]은 어느 물질 1㎏의 온도를 1℃ 상승시키는 데에 필요한 열량[㎉]을 의미한다. 비열에 질량[㎏]을 곱해주면 해당 물체의 열용량(heat capacity)이 산출된다.

따라서, 어느 일정한 공간 내의 공기 1℃를 상승/하강시키기 위해 필요한 열용량[㎉]은 해당 공간의 체적[㎥], 공기의 비열[㎉/㎏℃], 공기의 비중량[㎏/㎥]을 곱하여 산정할 수 있다.

$$Q_{space\ 1} = V \times C_p \times \gamma$$

$Q_{space\ 1}$: 체적에 따른 1℃당 열 부하[㎉/℃], V : 체적(Volume)[㎥],
C_p : 공기의 비열[㎉/㎏℃], γ : 공기의 비중량[㎏/㎥]

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

일반적으로 실내온도는 항상 실외온도에 영향을 받아 열 이동이 일어나고, 이로 인해 재실자는 항상 적정온도를 유지하고자 한다. 따라서 실내외 온도차[℃] 발생하는 조건에서 실내적정온도를 유지하기 위해 필요한 열용량은 다음과 같다.

$$Q_{space\ 2} = V \times C_p \times \gamma \times \Delta T$$

$Q_{space\ 2}$: 온도차가 존재하는 체적에 따른 열 부하[㎉], V : 체적[㎥],
C_p : 공기의 비열[㎉/㎏℃], γ : 공기의 비중량[㎏/㎥], ΔT : 실내외온도차[℃]

▶ 외피 성능에 따른 열관류: 실내외 온도차로 인해 발생하는 외피에서 실내로 출입(관류)하는 열량을 뜻하며, 외피 열관류율(U-value)에 따른 영향을 받는다. 열관류율은 전반적인 열 흐름을 정량화하는 표준 지표이며, 창호에서 열관류율은 대류, 전도, 복사의 열의 이동을 포함한 시스템의 총 열이동 계수를 의미한다. 열관류율은 시간당 열의 흐름을 나타내며 단위는 W/㎡℃(㎉/㎡h℃)를 쓰고 표면적이 1㎡인 구조체를 사이에 두고 온도차가 1℃일 때 구조체를 통한 열관류율을 [W]나 [㎉]로 측정한 것이다. 단열성능을 나타내는 열 저항(R-value)은 총 열관류율의 역수(R=1/U)이다. 재료의 열저항 값이 높을수록 높은 단열성능을 나타내며, 마찬가지로 낮은 열관류율은 적은 열적 이동을 나타낸다.

외피 열관류율에 따라 실내로 유입되는 열량을 나타내는 식은 다음과 같다.

$$Q_{ss\ 1} = K \times A \times \Delta T$$

$Q_{ss\ 1}$: 외피로 인해 시간당 이동하는 열량[㎉/h], K : 외피 열관류율[㎉/㎡h℃],
A : 외피 면적(Area)[㎡], ΔT : 외피 사이의 온도차[℃]

특히 건물은 용도 및 사용 특성에 따라 건물 일일운영시간이 다르며, 건물 일일운영시간동안 관류되는 열관류 부하는 다음과 같다.

$$Q_{ss\ 2} = K \times A \times \Delta T \times h$$

$Q_{ss\ 2}$: 건물 사용시간 동안 외피로 인해 이동하는 열량[㎉/h],
K : 외피 열관류율[㎉/㎡h℃], A : 외피 면적[㎡],
ΔT : 외피 사이의 온도차[℃], h : 건물 일일운영시간[hour]

▶ 부하에 따른 냉난방 설비시스템 선정 및 에너지소요량 산출: 국내 L전자업체에서는 “KS C 9806 - 단위 면적당의 냉난방부하 산출조건”을 통해 냉방능력에 따른 “냉

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

난방능력 표준단위환산표”를 제시하고 있으며, 해당 표는 필요 열용량(부하)에 따른 적정 냉난방설비 및 해당 설비의 규격을 제시하고 있다. 따라서 앞서 산정한 부하에 적합한 최대부하 설비시스템을 선택하고, 해당 설비의 소요 전력량을 산출하고자 한다.

제시된 표에 의하면, 냉난방설비 일일 전력사용량을 나타내는 환산계수(Conversion Factor:CF)가 제시되어 있다. 환산계수를 산출하는 자세한 과정은 뒷장에 기술한다.

표 3.3 열용량에 따른 환산계수

열용량[㎉]	환산계수(CF)
50,000	15
50,000 미만 ~ 35,000 이상	11.25
35,000 미만 ~ 25,000 이상	7.5
25,000 미만 ~ 18,000 이상	6
18,000 미만 ~ 12,500 이상	4.125
12,500 미만 ~ 11,000 이상	3.375
11.000 미만 ~ 7,100 이상	2.25
7,100 미만 ~ 6,100 이상	1.875
6,100 미만 ~ 5,100 이상	1.5
5,100 미만 ~	1.125

최종 산정된 환산계수 값은 설비시스템의 일일 에너지사용량[㎾h]이다. 따라서 건물 냉난방 사용시간을 고려한 연간 에너지소요량은 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$EC = CF \times h \times D$$

EC : 연간 에너지소요량(Energy Consumption)[㎾h/year],
CF : 환산계수(Conversion Factor)[㎾h], *h* : 건물 일일운영시간[hour/day],
D : 건물 연간사용일수[day/year]

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

▶ 에너지생산량 산출: 신재생에너지 설비의 에너지생산은 시스템별 에너지 생산 원리가 상이하고, 이를 산출하는 과정은 대부분 시뮬레이션 툴(Tool)에 의존할 만큼 복잡하여 산식으로 표현하는데 한계가 있다. 다만, 앞서 언급한 바와 같이 태양광 발전 시스템의 경우 "태양전지어레이 설계용량"과 같은 에너지생산량을 나타내는 설계 발전용량이 존재하므로 해당 값을 사용하여 연간 에너지생산량을 산출하도록 한다.

$$EP = RES\ capacity \times D$$

EP : 연간 에너지생산량(Energy Production)[㎾h/year],
RES capacity : 설비 발전용량[㎾h], *D* : 건물 연간사용일수[day/year]

▶ 건물 총 에너지소요량 산출: 앞서 산정한 냉난방설비의 에너지소요량과 신재생에너지설비의 에너지생산량을 합산하여 건물 총 에너지소요량을 산출한다.

$$TEC = EC - EP$$

TEC : 총 연간 에너지소요량(Total Energy Production)[㎾h/year],
EC : 연간 에너지소요량(Energy Consumption)[㎾h/year],
EP : 연간 에너지생산량(Energy Production)[㎾h/year]

dCollection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

3.2.4 리모델링 대안별 환경영향배출량 평가 모듈

환경영향배출량 산정은 전과정 평가(Life Cycle Assessment, LCA)에서 비롯된다. 건설 분야에서의 각각의 시공자재들은 ①원료 채취, ②자재 생산, ③시공, ④유지관리, ⑤철거 및 해체 단계의 전 과정을 거친다. 환경영향배출물 평가는 이 과정 동안에 소모되고 배출되는 에너지와 물질의 양을 정량화하여, 이들이 환경에 미치는 영향을 평가하는 방법이다.

환경영향배출량 평가를 위해선 소요 자원별 "원단위 환경영향배출물"정보가 필요하며, 이는 국가LCI종합정보망을 통해 구할 수 있다. LCI는 Life Cycle Inventory의 약자로, 제품 1단위 생산에 필요한 원자재 채취 및 가공, 수송, 사용, 폐기까지의 전 과정에 투입되는 자원, 에너지, 배출물에 대한 정보를 의미한다.

국가LCI종합정보망을 통해 국내 산업에서 다루어지는 대부분의 자재, 부품의 용도, 가공, 공정 등의 세부정보를 접할 수 있으며, 각각의 자재, 부품에 대한 가공 시의 투입물, 사용 시의 환경영향배출물의 원단위 정보를 확인할 수 있다.

본 연구에서는 각 제품별 지구온난화(Global Warming Air) 범주에 속하는 이산화탄소(CO_2) 배출량 정보를 활용한다.

본 연구에서는 리모델링 이후 과정인 유지관리 단계를 대상으로 에너지소요량에 따른 환경영향배출량을 산정하고자 한다. 연간 에너지소요량을 원단위로 환산하고, LCI DB의 CO_2 배출량 정보를 활용하여 매년 얼마만큼의 환경영향배출량이 발생하는지를 산정한다.

$$EI = CO_2LCI \times TEC$$

EI : 연간 환경영향배출량(Emission Impact)[TOE/year],
CO_2 LCI : 전력 1kWh당 발생 CO_2 발생 계수[TOE/kWh],
TEC : 총 연간 에너지소요량(Total Energy Production)[kWh/year]

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

3.2.5 리모델링 대안별 경제성평가 모듈

가장 경제적인 시스템 선정을 위해 대안별 생애주기비용(life cycle cost) 분석 및 회수기간(payback period) 평가가 필요하다.

일반적인 신축에서의 생애주기비용 분석은 건물의 기획, 시공, 운영, 유지보수, 철거, 잔존가치 등 프로젝트 전반에 걸친 넓은 범위에서 이루어진다. 특히, 프로젝트 전반에 걸쳐 막대한 투자비용이 발생하고 건물 운영 및 사용연한까지의 장기적 비용지출을 우선사항으로 고려하므로, 회수기간 평가보다는 총 생애주기비용 산정을 통한 건물의 가치를 평가하는 것이 더 중요하다. 그러나 리모델링 프로젝트의 경우 건물 운영단계에서 추가 비용투자를 통해 건물을 개선하고 성능을 향상시키는 경우이므로, 투자비 회수 개념의 회수기간 평가가 더 중요하다. 따라서 본 연구의 경제성 평가는 대안별 에너지절감량에 따른 비용이익을 산정하고, 이를 바탕으로 투자비용 회수기간을 찾고자 한다.

경제성평가의 과정은 다음과 같다. 1) 리모델링 대안별 초기투자비를 산정하고, 2) 에너지절감량에 따른 리모델링 후 운영비용을 산정하고, 3) 원안 대비 대안의 운영절감비용을 산정하고, 4) 마지막으로, 미래에 발생한 운영절감비용을 현가 분석하여 회수기간을 산정한다.

▶ 초기투자비 산정: 초기투자비 산정은 어느 시스템을 구성하는 각 자재별 물량 값(㎡, ㎥)에 단위 비용(원/㎡, 원/㎥)을 곱해주거나, 시스템 전체 단위의 비용 정보를 통해 산정할 수 있다. 단위 비용은 한국물가정보를 이용한다. 건축공사비 측면에서 외피 시스템의 설치비용은 제작설치의 경우와 기성제품·주문제품 설치의 경우로 나뉜다. 창호 면적·개소당 산출된 소요재료량에 재료단가를 곱한 것이 재료비가 되고 설치 품에 노무단가를 곱한 것이 노무비를 곱한 것이 노무비가 되므로 이를 합산한 것이 설치비용이 된다. 구체적 구성은 다음과 같다.

· 설치비용 = 재료비+노무비

· 설치비용 = [주재료비(유리값)+부속재료비+유리 닦기 소모재료비]
+[유리 끼우기 노임+유리 닦기 노임+소운반비]

해당 정보는 국내 물가정보 홈페이지 혹은 매달 발행되는 물가정보지를 통해 얻을 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

외피시스템 설치에 대한 초기투자비 산정은 설치면적[㎡]과 시스템의 설치비용[원/㎡]을 곱하여 산정할 수 있으며, 신재생에너지 설비는 시스템별 산정 조건이 상이하나 공통적으로 설치대수[EA]와 설치비용[원/EA]을 곱하여 산정할 수 있다. 산정한 값을 모두 더하여 최종 초기투자비 값을 산출할 수 있다.

$$IC = (A_{SS} \times UC_{SS}) + (EA_{RES} \times UC_{RES})$$

IC : 초기투자비(Initial Cost)[₩], A_{SS} : 외피시스템 입면적[㎡],
UC_{SS} : 외피시스템 설치비용(Unit Cost)[₩/㎡], EA_{RES} : 신재생에너지설비 설치대수[EA],
UC_{RES} : 신재생에너지설비 설치비용(Unit Cost)[₩/EA]

▶ 리모델링 후 운영비용 산정: 앞서 선정한 연간 에너지소요량[㎾h]에 전력 요금[원/㎾h]을 곱해줌으로써 산정할 수 있다.

$$OC = TEC \times eC$$

OC : 운영비용(Operation Cost)[₩/year],
TEC : 총 연간 에너지소요량(Total Energy Production)[㎾h/year],
eC : 전력 요금[₩/㎾h]

▶ 운영절감비용 산정: 리모델링 전(원안)의 연간 운영비용에서 리모델링 후(대안) 운영비용의 차이와 국내 "온실가스 감축실적 정부구매제"의 톤(TOE)당 CO_2 단가에 의한 차이를 통해 산정한다. 즉, 리모델링의 에너지 절감 효과 및 환경영향배출물 저감효과가 연간 얼마만큼의 경제적 이익을 창출하는지를 의미하는 것이다. 온실가스 감축실적 구매단가는 2014년 기준 12,470원/tCO_2로 공시되어있다.

$$CS = (OC_{ori} - OC_{alt}) + \{(EI_{ori} - EI_{alt}) \times 12{,}470\}$$

CS : 운영 절감비용(Operation Cost)[₩/year],
OC_{ori} : 리모델링 전 운영비용[₩/year], OC_{alt} : 리모델링 후 운영비용[₩/year],
EI_{ori} : 리모델링 전 환경영향배출량[TOE/year],
EI_{alt} : 리모델링 후 환경영향배출량[TOE/year],
"12,470" : 온실가스 감축실적 정부구매단가[₩/TOE]

▶ 회수기간 산정: 대안별 현가분석(Present Worth Method)을 통해 회수기간을 산정하고 가장 경제적인 대안을 확인한다. 현가분석은 미래에 발생하는 현금의 현재가치를 산정하는 것이다. 이를 위해 매년 동일하게 발생하는 연간비용(A`)을 현재가치로 환산하기 위한 연금현가계수(PWA)를 도입한다. 연금현가계수 산정에는 실질 할인율을 입력

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

해야 한다. 실질 할인율은 물가상승률을 차감한 형태의 할인율(after-inflation discount rate)을 의미하며, 실질 할인율(I`) 산정은 명목 이자율(i`)과 물가상승률 또는 해당 물건의 비용 상승률(j`)을 통해 산정할 수 있다. 여기서 명목 이자율과 물가상승률 정보는 최근 몇 년간의 통계자료를 이용한다.

$$Present\ \ Worth = A' \times PWA,\ PWA = \frac{(1+I')^N - 1}{I' \times (1+I')^N}$$

A' = 연간 동일하게 발생하는 비용, *PWA* : 연금현가계수 *I'* = 실질할인율[%], *N* = 경과년수[년]

$$I' = \frac{1+i'}{1+j'}$$

I' = 실질할인율[%], *i'* = 명목이자율[%], *j'* = 물가상승률[%]

회수기간 산정을 위해선 리모델링 초기투자비 대비 연간 운영절감비용 누적 값이 커지는 연도를 찾는 것이다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

3.3 리모델링 대안 선정 의사결정지원 모델

앞서 분석한 모델의 핵심구성 요인들을 도입한 시스템 선정 의사결정지원 모델을 개발하고자 한다. 개발하고자하는 모델은 다수의 데이터(분석 대안) 중 의사결정자가 설정한 목표 값을 충족하는 데이터를 출력하고자 하며, 사용자 인터페이스 혹은 프로그램 형태로 제공하여 사용자 편의성을 도모하고자 한다.

따라서 목표 설정, 대안 설정 및 자료 수집, 평가, 앞서 분석한 핵심구성 요인 각각을 매개변수화(parameter)하고 Excel Spread Sheet를 활용하여 사용자 인터페이스로 개발하고자 한다.

3.3.1 의사결정지원 모델 알고리즘

앞서 기술한 의사결정모델 개발방향 및 핵심모듈을 중심으로 본 모델에서 제안하는 모델의 알고리즘을 제시하고자 한다. 먼저 의사결정과정에 따른 알고리즘 흐름을 서술한다.

(1) 목표 설정

모델의 주 목표를 인식하고 설정하는 단계이다. 에너지절감형 리모델링 대안을 선정하기 위한 목표 값은, ①에너지절감량, ②신재생에너지 생산 비율, ③선호하는 창호요소의 세 가지이다.

(2) 의사결정모형 - 대안 모형

에너지절감형 리모델링을 위한 대안을 정하고 고려사항을 정하는 단계이다. 앞서 조사한 바와 같이 본 모델에서의 대안은 ①외피시스템과 ②신재생에너지 설비 두 가지이며, 이를 조합한 ③Remodeling Solution이 있다.

(3) 의사결정모형 - 평가 모형

대안에 대하여 구체적 평가를 위한 모형을 개발하는 단계이다. 즉, 앞서 서술한 목표 값에 부합하는 1차 대안을 선정하고, 선정된 1차 대안 중 가장 합리적인(경제적이고 환경영향정도가 적은) 대안을 선정하기 위한 평가 모형을 구축한다.

평가 진행과정은 ①리모델링 대상 기본정보 입력, ②에너지성능평가, ③신재생에너

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

지 비율 평가, ④경제성 평가, ⑤환경영향배출량 평가의 과정을 거친다.

구체적 항목을 설명하면, 리모델링 대상 기본정보 입력 부분에서는 지역·실내온도 조건에 따른 실내외온도차 산정, 용도에 따른 건물 일일 사용시간, 건물 연간 사용일수 산정, 건물 실내체적, 입면적, 열관류율, 옥상면적 입력의 건물 정보 입력과 실질할인율 입력, 전력단가 입력의 화폐 정보 입력 과정이 있다.

에너지성능평가 부분에서는 실 체적에 따른 열 부하 산정, 외피 관류에 따른 부하 산정, 환산계수 산정, 연간 전력소요량 산정, 재생에너지 설비 에너지생산량 산정, 건물 총 연간 에너지소요량 산정의 과정이 있다.

경제성평가 부분에서는 초기투자비 산정, 연간 운영비용 산정, 연간 절감운영비용 산정, 회수기간 산정의 과정이 있다.

마지막으로 환경영향배출물 평가 과정이 있다.

(4) 자료의 수집

대안에 대한 자료를 수집한다. 현재 시중에서 설계/시공되고 있는 제품의 정보를 수집하며, 해당 자료는 앞서 개발한 '대안 모형'에 입력된다.

(5) 대안 선택 알고리즘

구축된 대안 모형 중 모델 목표 값에 부합하는 가장 합리적인 대안을 선정하기 위해서는 대안별 평가 모형을 순환하여 평가하는 순환평가 방식이 필요하다. 따라서 순환평가를 위한 방법을 제시하고 이를 종합한 알고리즘을 제시한다.

앞서 서술한 바와 같이 본 모델의 최종 목표는 다수의 대안 모형을 순환 평가하여 목표 값을 충족하는 가장 합리적인 대안을 선정하는 것이므로, 이는 대안 모형에 입력된 모든 대안을 순환 평가하는 체계가 필요함을 의미한다. 따라서 순환 평가를 위한 방법을 설명하고 그에 대한 알고리즘은 다음과 같다.

(1) 선호도요소 일치 판단(순환평가 지점1): 선호도요소는 목표 설정 단계에서 "$T_{1\sim5}$"로 입력하도록 하였다. 따라서 "RS"의 "$T_{1\sim5}$"가 목표 값과 일치하면 다음 평가를 진행, 불일치하면 다음 대안을 평가한다.

(2) 에너지절감량 목표 충족 판단(순환평가 지점2): 에너지절감량은 목표 설정 단계

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

에서 “X”로 입력하도록 하였다. 따라서 다음의 산식을 통해 에너지절감량 목표 충족 여부를 판단하고, 충족하면 다음 평가를 진행, 불충족하면 다음 대안을 평가한다.

$$EPR = 100 \times \left\{ 1 - \left(\frac{TEC_{alt}}{TEC_{ori}} \right) \right\},\ EPR > X\ ?$$

EPR : 에너지절감량 비율(Energy Performance Rate)[%],
TEC_{alt} : 리모델링 후 총 연간 에너지소요량[kWh/year],
TEC_{ori} : 리모델링 전 총 연간 에너지소요량[kWh/year],
X : 목표 에너지절감량[%]

(3) 재생에너지 생산 비율 목표 충족 판단(순환평가 지점3): 재생에너지 생산 비율은 목표 설정 단계에서 “Y”로 입력하도록 하였다. 따라서 다음의 산식을 통해 목표 충족 여부를 판단하고, 충족하면 다음 평가를 진행, 불충족하면 다음 대안을 평가한다.

$$RER = \frac{EP}{EC},\ RER > Y\ ?$$

RER : 재생에너지 생산 비율(Renewable Energy Rate)[%],
EP : 연간 에너지생산량(Energy Production)[kWh/year],
EC : 연간 에너지소요량(Energy Consumption)[kWh/year]
Y : 목표 재생에너지 생산 비율[%]

(4) 대안 모형의 순환과정

외피시스템과 재생에너지설비시스템이 조합해서 이루어진 Remodeling Solution(RS)은 총 4개의 변수를 포함하고 있다. 이 4가지 변수는 최초 0을 시작으로 마지막 대안까지 올바르게 순환해야 한다. 따라서 순환 평가를 위한 RS변수 설정과 순환 과정을 개발하였다.

먼저 외피시스템(SS)의 설치 방향을 나타내는 “k”의 경우 원안을 영(0)으로 설정하고, 설치 방향 적용개수에 따라 “1, 2, …, a”로 설정한다. 또, 외피시스템 창호 성능요소를 나타내는 “i”의 경우 원안을 영(0)으로 설정하고, 설치방향 적용개수(k)에 따라 “101, 102, …, 201, 202, …, d”로 설정한다. 예를 들어 “i=202”인 경우는 설치 방향 적용개수가 2개이며 02번 성능요소를 사용하는 외피시스템을 의미한다.

재생에너지설비 시스템도 같은 방식으로 설치가능 시스템 수를 나타내는 “m”의 경우 “0, 1, 2, …, e”로 설정하며, 설비 옵션을 나타내는 “j”를 “0, 101, 102, …, 201, 202, …, h”로 설정한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

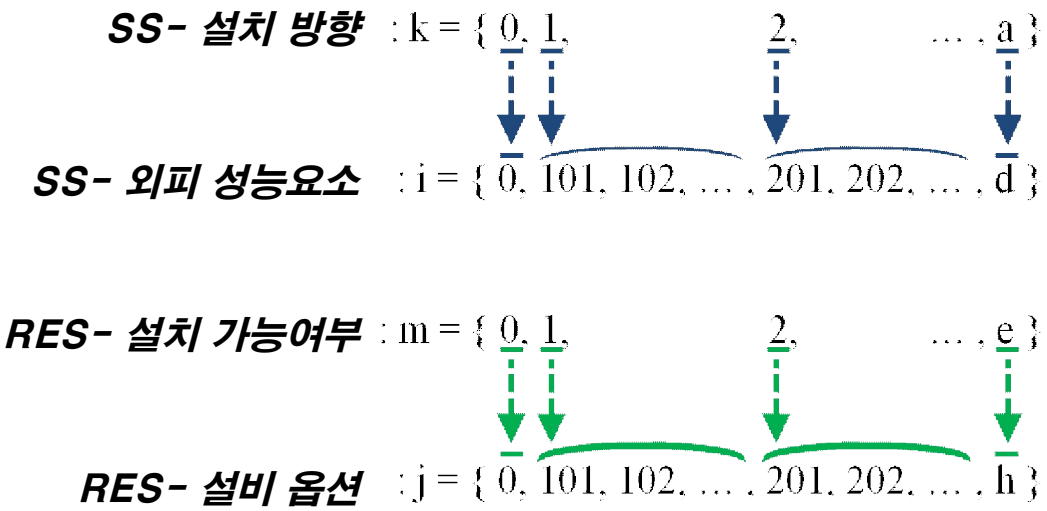


그림 3.7 순환평가를 위한 RS 변수 부여 방식

위와 같이 Remodeling Solution의 "i", "j", "k", "m" 변수들이 결정되면, 다음의 명령 체계를 거쳐 순환평가가 이루어진다.

1) $RS^{0.0}_{0.0}$(원안)인 경우 → k = k+1 → i = 100k + 1
2) i = d AND j = h 가 아닌 경우 → i = i + 1 → k = QUOTIENT(i/100)
3) i = d 인 경우 → k = 0, i = 0
4) m = 0 AND j = 0인 경우 → m = m + 1 → j = 100m + 1
5) m = 0 AND j = 0이 아닌 경우 → j = j + 1 → m = QUOTIENT(j/100)

이상의 순환 평가 방식을 적용하여, 최종적으로 개발한 알고리즘을 다음과 같이 제시하고자 한다. 리모델링이 시작되면, 1) 대안선정 모듈(목표 값)을 설정하고, 의사결정자가 원하는 선호도 요소를 입력한다. 2) 수집된 외부 데이터를 대안생성 모듈에 입력한다. 즉, 외피시스템, 신재생에너지설비가 조합된 Remodeling Solution(RS)을 생성한다. 3) 건물 기본정보와 화폐정보를 입력한다. 4) (순환평가 지점1)선호도요소 일치판단 → (평가 모듈1)에너지성능평가 → (순환평가 지점2)에너지절감량 판단 → (순환평가 지점3)재생에너지 생산비율 평가 → (평가 모듈2)경제성평가 → (평가 모듈3) 환

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

경영향배출량 평가 → 저장의 순서로 대안평가 과정이 진행된다. 5) 생성한 마지막 대안까지 평가가 끝나면 순환 알고리즘이 종료되고, 저장된 대안 중 가장 최적의 대안이 불러오기(Load)된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

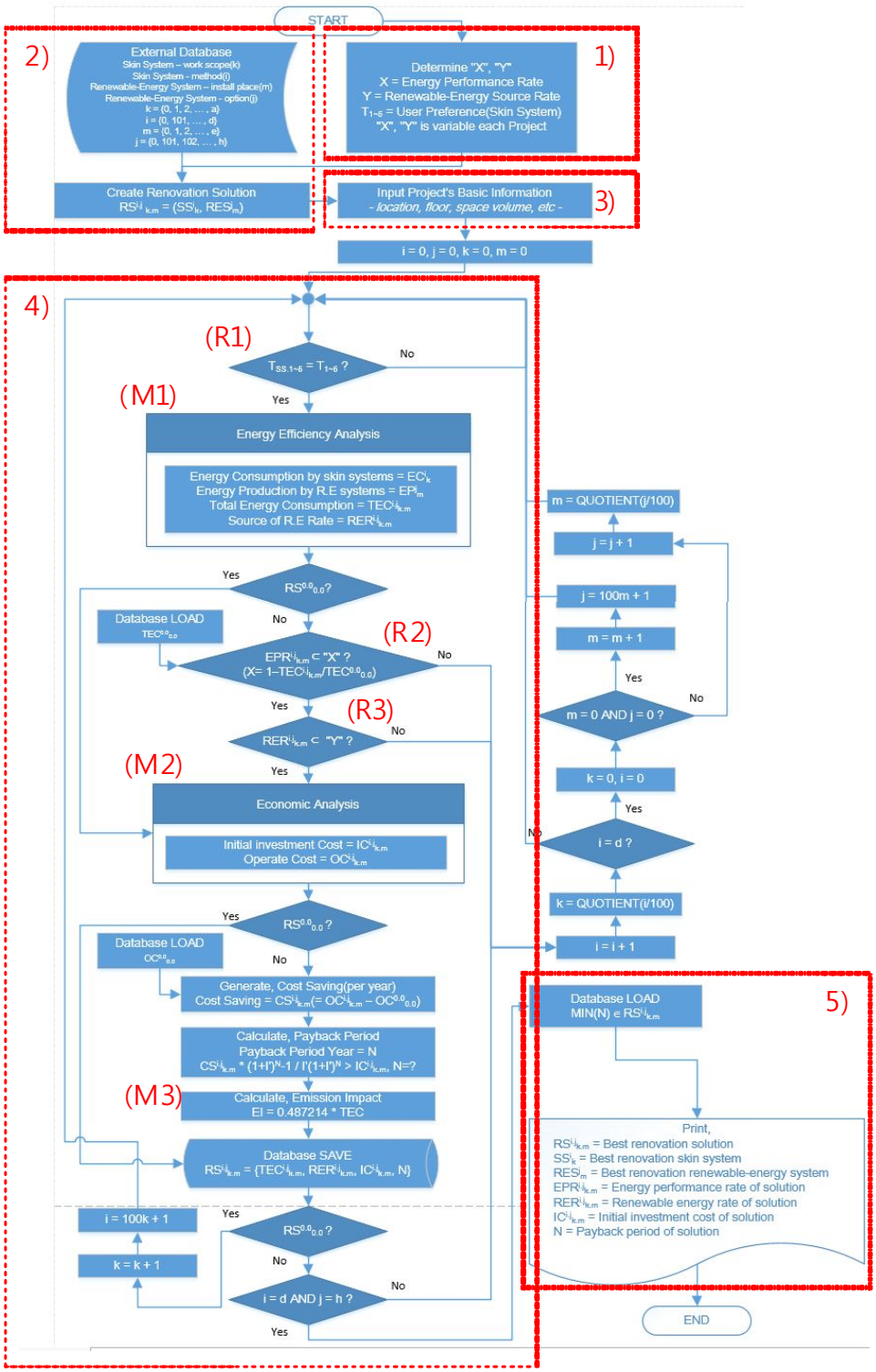


그림 3.8 순환 평가형 의사결정지원 모델 알고리즘

dCollection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

3.3.2 의사결정지원 모델 및 시스템 UI

의사결정모델을 구현하기 위해 Excel Spread Sheet를 이용하여 사용자 인터페이스로 개발하였다. 이를 위해 대안 모형, 평가 모형 내의 요소, 산식들을 구체적으로 정의하였다.

(1) 목표 설정

▸ 목표 에너지절감율(X): 목표 에너지절감율을 입력하는 단계로서, 매개변수는 "X"다. 8~44%의 수치를 입력하면, 그에 맞는 LEED Point를 출력하도록 IF함수식을 입력하였다.

▸ 목표 재생에너지 설비 설치비율(Y): 목표 재생에너지 설비 설치비율을 입력하는 단계로서, 매개변수는 "Y"다. 0~13%의 수치를 입력하면, 그에 맞는 LEED Point를 출력하도록 IF함수식을 입력하였다.

▸ 목표 창호 선호요소(T_1, T_2, T_3, T_4, T_5): 목표 창호 선호요소를 입력하는 단계로서, 매개변수는 구조형식은 "T_1", 개폐형식은 "T_2", 프레임 재질은 "T_3", 로이창호 여부는 "T_4", 가스주입 여부는 "T_5"이다. 구조형식에 ①창호, ②커튼월 입력에 따라 T_1=1, T_1=2 형식으로 표시된다. 개폐형식에 ①고정, ②미닫이, ③여닫이 입력에 따라 T_2=1, T_2=2, T_2=3 형식으로 표시된다. 프레임 재질에 ①알루미늄, ②스테인리스, ③플라스틱 입력에 따라 T_3=1, T_3=2, T_3=3 형식으로 표시된다. 로이창호 여부에 ①적용, ②비적용에 따라 T_4=1, T_4=2 형식으로 표시된다. 가스주입 여부에 ①적용, ②비적용에 따라 T_5=1, T_5=2 형식으로 표시된다.

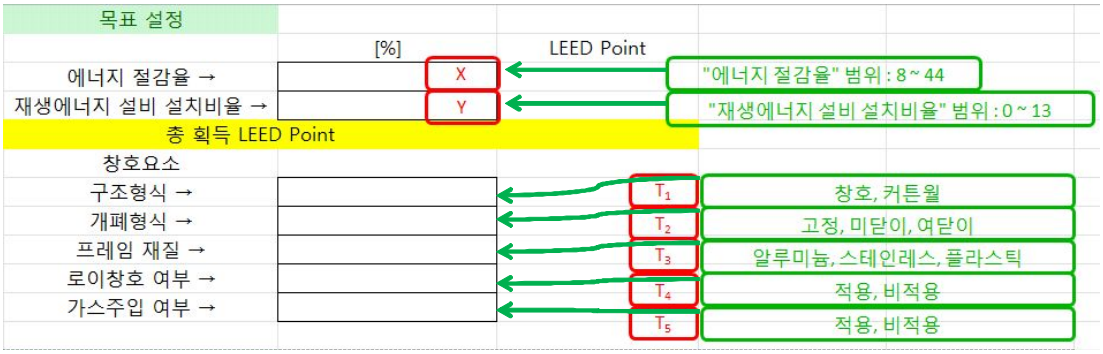


그림 3.9 사용자 인터페이스 - 목표 설정

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(2) 대안 모형

앞서 모델 핵심요소에서 언급한바와 같이, 외피시스템 "SS"와 재생에너지설비 "RES"를 조합한 대안을 생성하는 단계이다. 여기서 생성된 대안을 Remodeling Solution, "RS"로 칭하고 매개변수를 부여한다.

▸ 외피시스템($SS^{i}{}_{j}$): 외피시스템 고려사항은 크게 두 가지로서 ①설치 방향과 ②외피 성능요소이다. 즉, 건물 외피 리모델링에 있어 설치 방향 개소와 구체적 위치에 대한 고려사항과, 설치함에 있어 어떠한 물성 치를 가지는 제품을 선택할 것인가를 고려하는가이다. 여기서 매개변수는 설치 방향 개소를 "i", 창호 성능요소를 "k"로 설정한다.

▸ 신재생에너지 설비($RES^{j}{}_{m}$): 신재생에너지 설비 고려사항은 크게 두 가지로서 ①설치 가능여부와 ②설비 옵션이다. 즉, 대상 건물에 신재생에너지 설비를 설치함에 있어 설치 가능 개소가 몇 가지이며, 설치함에 있어 어떠한 옵션을 가지는 설비를 선택할 것인가를 고려하는가이다. 여기서 매개변수는 설치 가능 개소를 "m", 설비 옵션을 "j"로 설정한다.

▸ Remodeling Solution($RS^{ij}{}_{km}$): 에너지절감형 리모델링에서 두 가지 대안이 모두 적용되는 경우를 고려하여 두 시스템을 통합한 매개변수 "RS"를 생성하였다.

SS: 외피시스템
RES: 신재생에너지설비 시스템
RS: Remodeling Solution

그림 3.10 사용자 인터페이스 - 대안 모형

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

(3) 기본정보 입력

기본정보는 리모델링 대상이 되는 건축물의 정보와 경제성 평가를 위한 화폐정보를 의미한다.

▸ 지역 · 실내온도 조건 - 실내외온도차(ΔT): 리모델링하고자 하는 건물의 지역(위치)는 실내외온도차 산정을 위해 중요한 부분이다. 국내 냉난방도일 자료에 따르면 10~4월까지는 난방도일 발생의 동절기, 6~9월까지는 냉방도일 발생의 하절기로 구분하고 있다. 따라서 건물 하절기/동절기 실내온도와 위치를 입력하여 자동적으로 실내외 평균온도차가 산정되도록 구성하였으며, 지역은 ①춘천, ②서울, ③인천, ④대전, ⑤대구, ⑥울산, ⑦광주, ⑧부산, ⑨제주 중 하나를 입력하도록 되어있다.

▸ 용도 - 건물 일일 사용시간(t), 건물 연간 사용일수(D): 건물 용도는 건물 일일 사용시간과 건물 연간 사용일수 산정을 위한 기본 자료가 된다. 국내 건축법시행령 제3조의 4, 별표 1. 용도별 건축물의 종류를 근거로 모델에 입력 가능한 용도시설은 ①문화 및 집회시설, ②판매시설, ③운수시설, ④의료시설, ⑤교육시설, ⑥노유자시설, ⑦업무시설, ⑧숙박시설 중 하나를 입력하도록 되어있다. 건물 용도를 입력하면 일일 냉난방 가동시간(건물 일일 운영시간), 건술 사용일수(건물 연간 사용일수)가 자동으로 산출되도록 되어있다.

▸ 건물 실내체적(V): 건물 실내체적은 에너지 평가를 위한 "실 체적에 따른 열 부하"산정을 위해 입력해야하는 사항이다. 에너지성능평가의 정확성을 위하여 층별, 실별 구분의 입력이 바람직하나, 본 모델은 건물 전체 체적으로 제한하여 입력하도록 되어있다.

▸ 건물 입면적(A_E, A_W, A_S, A_N): 건물 입면적은 에너지 평가를 위한 "외피 관류에 따른 부하" 산정을 위해 입력해야하는 사항이다. 건축물 형태에 따라 입면적은 그 수가 다양하지만, 일반적인 건축물의 정면(남측), 배면(북측), 동측면, 서측 면으로 구분하는 기준에 따라 입력하도록 되어있다.

▸ 외피 평균 열관류율(K_E, K_W, K_S, K_N): 각각 외피별 평균 열관류율을 입력한다. 외피

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

가 벽체, 창호, 문 등으로 혼합되는 경우 각각을 입력함이 바람직하나, 본 모델은 각각 외피면의 평균 열관류율을 입력하도록 되어있다.

▸ 옥상면적(A_R): 일반적으로 독립형 재생에너지 설비를 옥상에 설치하는 경우가 설비 효율 및 시공에 있어 가장 제한사항이 적은 방법이다. 따라서 본 모델은 해당 설비가 옥상에 설치되는 경우를 평가하기 위해 옥상면적을 입력하도록 되어있다.

▸ 실질이자율(I'), 전력요금(eC): 경제성 평가를 위해 실질이자율과 전력요금을 입력한다. 실질이자율은 앞서 설명한바와 같이 명목 이자율과 물가 상승률을 통해 산출된 값을 입력하며, 전력요금은 국내 전기요금 단가를 입력하도록 되어있다.

그림 3.11 사용자 인터페이스 - 건물 기본 정보

(4) 에너지성능평가

에너지성능평가는 실 체적에 의한 부하와 외피 관류 부하를 산정하고 그에 적정한 냉난방설비의 전력 소요량을 환산하여 연간 전력소요량을 산출한다. 또한, 재생에너지 설비의 에너지생성량을 산정함으로서 건물 총 연간 에너지소요량을 산출한다.

▸ 실 체적에 따른 열 부하(Q_{Space}): 실 체적에 따른 열 부하를 계산하는 단계로, 앞서 제시한 변수 중 하나인 건물 체적(V)과 공기의 비열, 공기의 비중량과 실내외온도차(△T)를 이용한다. 여기서 공기의 비열은 0.24, 공기의 비중량(20℃ 기준) 1.205를 대입한다.

$$Q_{Space} = V \times 0.24 \times 1.205 \times \Delta T$$

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

▸ 외피 관류에 따른 부하(Q_{SS}): 외피를 통해 관류되는 열 부하를 계산하는 단계로, 앞서 제시한 변수 중 하나인 외피 열관류율(K)과 외피 입면적(A), 실내외온도차(△T), 건물 운영시간(h)을 이용한다. 관류열량은 외피 방향별로 모두 산정한다.

$$Q_{SS.E} = K_E \times A_E \times \Delta T \times h$$

$$Q_{SS.W} = K_W \times A_W \times \Delta T \times h$$

$$Q_{SS.S} = K_S \times A_S \times \Delta T \times h$$

$$Q_{SS.N} = K_N \times A_N \times \Delta T \times h$$

▸ 환산계수(CF): 열 부하에 따른 적정 냉난방설비의 에너지소요량을 전력소요량으로 환산하기 위한 단계이다. 구체적 산정 과정은 Excel 함수를 응용한 표 3.4로 대신한다.

▸ 연간 전력소요량(EC): 앞서 산출한 환산계수를 바탕으로 연간 냉난방 설비의 전력소요량을 산정한다. 냉난방 설비는 건물 일일운영시간(h)과 건물 연간 사용일수(D)에 맞게 운영되는 점을 고려하여 산출하였다.

$$EC = CF \times h \times D$$

▸ 재생에너지 설비 에너지생산량(EP): 재생에너지 설비가 얼마만큼의 에너지를 생산하는지를 산정하는 단계이다. 대안 모형에서 제시된 설비의 "태양전지어레이 설계용량"과 옥상면적(A_R), 건물 연간 사용일수(D)을 곱하여 산정한다.

$$EP = RES\ capasity \times D$$

▸ 건물 총 연간 에너지소요량(TEC): 연간 전력소요량와 재생에너지 설비 에너지생산량을 통해 최종적으로 에너지소요량을 산정한다.

$$TEC = EC - EP$$

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

표 3.4 환산계수 산정 방법

$C_{1\sim10}$	$CI_{1\sim9}$	환산계수(CF)
C_1=QUOTIENT(Q/50000)	CI_1=Q-(50000*C_1)	15
C_2=IF(CI_1>35000,1,0)	CI_2=Q-{(50000*C_1)+(35000*C_2)}	11.25
C_3=IF(CI_2>25000,1,0)	CI_3=Q-{(50000*C_1)+(35000*C_2)+(25000*C_3)}	7.5
C_4=IF(CI_3>18000,1,0)	CI_4=Q-{(50000*C_1)+(35000*C_2)+(25000*C_3)+(18000*C_4)}	6
C_5=IF(CI_4>12500,1,0)	CI_5=Q-{(50000*C_1)+(35000*C_2)+(25000*C_3)+(18000*C_4)+(12500*C_5)}	4.125
C_6=IF(CI_5>11000,1,0)	CI_6=Q-{(50000*C_1)+(35000*C_2)+(25000*C_3)+(18000*C_4)+(12500*C_5) +(11000*C_6)}	3.375
C_7=IF(CI_6>7100,1,0)	CI_7=Q-{(50000*C_1)+(35000*C_2)+(25000*C_3)+(18000*C_4)+(12500*C_5) +(11000*C_6)+(7100*C_7)}	2.25
C_8=IF(CI_7>6100,1,0)	CI_8=Q-{(50000*C_1)+(35000*C_2)+(25000*C_3)+(18000*C_4)+(12500*C_5) +(11000*C_6)+(7100*C_7)+(6100*C_8)}	1.875
C_9=IF(CI_8>5100,1,0)	CI_9=Q-{(50000*C_1)+(35000*C_2)+(25000*C_3)+(18000*C_4)+(12500*C_5) +(11000*C_6)+(7100*C_7)+(6100*C_8)+(5100*C9)}	1.5
C_{10}=IF(CI_9>1,1,0)	-	1.125
∴Total CF = (15*C_1 + 11.25*C_2 + 7.5*C_3 + 6*C_4 + 4.125*C_5 + 3.375*C_6 + 2.25*C_7 + 1.875*C_8 + 1.5*C_9 + 1.125*C_{10})		

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

그림 3.12 사용자 인터페이스 - 에너지성능평가

(5) 경제성평가

경제성평가는 대안 최초 설치의 초기투자비를 산정하고, 에너지성능평가에서의 에너지소요량을 기반으로 운영비용을 산정한다. 특히 대안적용 전후의 운영비용 비교를 통한 연간 운영절감비용을 산정하고 이를 기반으로 생애주기비용 평가하여 회수기간을 산출한다.

▸ 초기투자비(IC): 초기투자비는 선정 대안의 최초 설치비용을 뜻하는 것이다. 먼저 외피시스템은 설치하고자 하는 대안의 시공비용(UC_{SS})과 외피 입면적(A)을 통해 산출한다. 재생에너지 시스템도 같은 방식으로 설치비용(UC_{RES})와 설치대수(EA)를 통해 산출한다.

$$IC = (A \times UC_{SS}) + (EA \times UC_{RES})$$

▸ 연간 운영비용(OC): 연간 운영비용은 앞서 산정한 연간 에너지소요량(TEC)과 전기단가(eC)를 통해 산출한다.

$$OC = TEC \times eC$$

dCollection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

▸ 연간 운영절감비용(CS): 연간 운영절감비용은 대안 적용 전후, 즉 리모델링 전후의 연간 운영비용 차이를 뜻한다.

$$CS = OC_{ori} - OC_{alt}$$

▸ 회수기간(N): 회수기간은 연간 운영절감비용을 통해 초기투자비를 회수하기까지의 소요 기간을 말한다. 이를 산정하기 위해선 앞 장에서 설명한 현재가치비용을 산정하여야 한다.

$$IC < \left[CS \times \frac{(1+I')^N - 1}{I' \times (1+I')^N} \right], \ N_{\min} = ?$$

그림 3.13 사용자 인터페이스 - 경제성평가 & 환경영향배출물 평가

(6) 환경영향배출물 평가

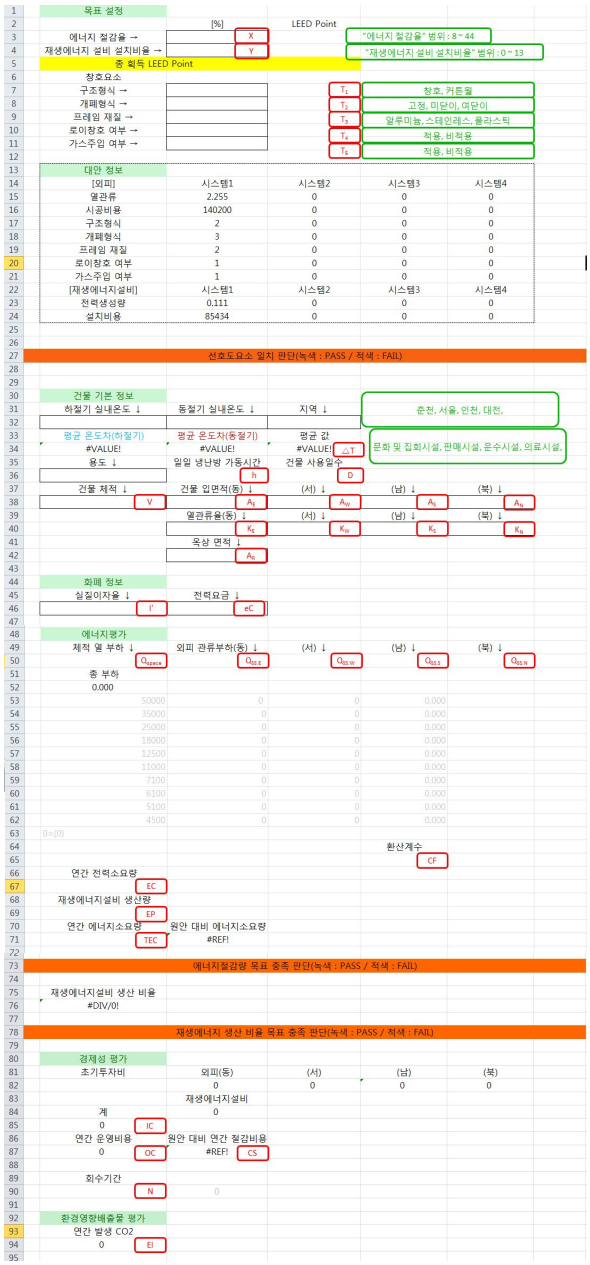
환경영향배출물은 그 범주에 따라 여러 가지 화학성분·물질로 구분할 수 있다. 본 모델에서의 환경영향배출물 평가는 건물 에너지소모로 인해 발생하는 환경배출물 양을 평가함을 뜻하며, 주 대상은 이산화탄소이다. 따라서 국가LCI DB를 통해 전력사용에 따른 원단위 환경영향배출량을 0.487218 값을 연간 에너지소요량(TEC)과 곱해줌으로서 산출한다.

$$EI_{Electricity} = 0.487218 \times TEC$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

앞서 서술한 매개변수와 및 UI의 내용을 다음과 같은 하나의 Sheet로 개발하였다. 해당 Sheet는 대안 모형 중 선정된 1개의 대안을 로드(LOAD)하였을 때 평가할 수 있는 Sheet이다.



1	목표 설정				
2		[%]		LEED Point	
3	에너지 절감율 →		X		"에너지 절감율" 범위 : 8 ~ 44
4	재생에너지 설비 설치비율 →		Y		"재생에너지 설비 설치비율" 범위 : 0 ~ 13
5	총 획득 LEED Point				
6	창호요소				
7	구조형식 →			T_1	창호, 커튼월
8	개폐형식 →			T_2	고정, 미닫이, 여닫이
9	프레임 재질 →			T_3	알루미늄, 스테인레스, 플라스틱
10	로이창호 여부 →			T_4	적용, 비적용
11	가스주입 여부 →			T_5	적용, 비적용
12					
13	대안 정보				
14	[외피]	시스템1	시스템2	시스템3	시스템4
15	열관류	2.255	0	0	0
16	시공비용	140200	0	0	0
17	구조형식	2	0	0	0
18	개폐형식	3	0	0	0
19	프레임 재질	2	0	0	0
20	로이창호 여부	1	0	0	0
21	가스주입 여부	1	0	0	0
22	[재생에너지설비]	시스템1	시스템2	시스템3	시스템4
23	전력생성량	0.111	0	0	0
24	설치비용	85434	0	0	0
25					
26					
27	선호도요소 일치 판단(녹색 : PASS / 적색 : FAIL)				
28					
29					
30	건물 기본 정보				
31	하절기 실내온도 ↓	동절기 실내온도 ↓	지역 ↓		춘천, 서울, 인천, 대전,
32					
33	평균 온도차(하절기)	평균 온도차(동절기)	평균 값		문화 및 집회시설, 판매시설, 운수시설, 의료시설,
34	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	$\triangle T$	
35	용도 ↓	일일 냉난방 가동시간	건물 사용일수		
36		h	D		
37	건물 체적 ↓	건물 입면적(동) ↓	(서) ↓	(남) ↓	(북) ↓
38	V	A_E	A_W	A_S	A_N
39		열관류율(동) ↓	(서) ↓	(남) ↓	(북) ↓
40		K_E	K_W	K_S	K_N
41		옥상 면적 ↓			
42		A_R			
43					
44	화폐 정보				
45	실질이자율 ↓	전력요금 ↓			
46	i'	eC			
47					
48	에너지평가				
49	체적 열 부하 ↓	외피 관류부하(동) ↓	(서) ↓	(남) ↓	(북) ↓
50	Q_{space}	$Q_{BS.E}$	$Q_{BS.W}$	$Q_{BS.S}$	$Q_{BS.N}$
51	총 부하				
52	0.000				
53	50000	0	0	0.000	
54	35000	0	0	0.000	
55	25000	0	0	0.000	
56	18000	0	0	0.000	
57	12500	0	0	0.000	
58	11000	0	0	0.000	
59	7100	0	0	0.000	
60	6100	0	0	0.000	
61	5100	0	0	0.000	
62	4500	0	0	0.000	
63	0=(0)				
64				환산계수	
65				CF	
66	연간 전력소요량				
67	EC				
68	재생에너지설비 생산량				
69	EP				
70	연간 에너지소요량	원안 대비 에너지소요량			
71	TEC	#REF!			
72					
73	에너지절감량 목표 충족 판단(녹색 : PASS / 적색 : FAIL)				
74					
75	재생에너지설비 생산 비율				
76	#DIV/0!				
77					
78	재생에너지 생산 비율 목표 충족 판단(녹색 : PASS / 적색 : FAIL)				
79					
80	경제성 평가				
81	초기투자비	외피(동)	(서)	(남)	(북)
82		0	0	0	0
83		재생에너지설비			
84	계	0			
85	0	IC			
86	연간 운영비용	원안 대비 연간 절감비용			
87	0	OC	#REF!	CS	
88					
89	회수기간				
90	N	0			
91					
92	환경영향배출량 평가				
93	연간 발생 CO2				
94	0	EI			
95					

그림 3.14 사용자 인터페이스 - 최종개발 모델 Sheet

dCollection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

제 4장. 사례 적용을 통한 모델 유효성 검증

4.1 사례 적용 대상

개발한 모델의 실용성을 증명하기 위해 사례 적용을 실시하였다. 대상 건물은 경기도 부천시에 위치한 교육시설로 상세한 건물 정보는 다음과 같다.

표 4.1 사례 적용 대상 건물 개요

명칭	부천시립 원미도서관			
소재지	경기도 부천시 원미구 소사로 456			
용도	공공문화시설			
구조	철근콘크리트 구조			
규모	지하 1층, 지상 3층			
연면적	4,396.75㎡			
체적	1~3층: 층별 4,128.84㎥ 계 : 12,386.52㎥			
입면적	동	서	남	북
	248.4㎡	248.4㎡	579.6㎡	579.6㎡
입면정보 (열관류율)	동서북측: 시멘트벽돌+콘크리트+석재마감(0.38) 남측: 컬러복층창(3.37)			
가용 옥상면적	720.36㎡			

해당 사례의 건물을 에너지절감형 리모델링이 필요한 건물로 가정하고, 대안 선정을 위해 본 연구에서 개발한 모델을 사용하도록 하였다. 리모델링 목표 설정은 다음과 같이 가정하였다.

- 에너지절감량 30% 이상
- 재생에너지 생산 비율: 11% 이상
- 의사결정자 선호 외피 사양 : 커튼월, 고정식, 알루미늄 프레임, 로이유리, 가스 적용 없음.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

4.2 분석 대안 데이터 수집

대상 건물의 에너지절감형 리모델링을 위한 외피시스템 및 재생에너지 설비 데이터를 수집하였다. 외피시스템은 성능, 설치비용, 구조형식 등이 각각 다른 10개 업체의 103개의 창호 및 커튼월 데이터를 수집하였으며, 재생에너지 설비 시스템은 3개 업체의 12가지 옵션을 가진 독립형 태양광 발전기 데이터를 수집하였다.

이 중 사례적용을 위해 외피시스템 제품군 89개, 재생에너지시스템 제품군 2개를 추출하여, 리모델링 전 원안을 포함하는 대안을 형성하였다.

표 4.2 수집한 외피시스템 데이터

번호	업체명	모델명	구조	개폐	프레임	로이	가스	열관류율 [W/㎡K]	비용 [원/㎡]
			T1	T2	T3	T4	T5		
1	A	BR70	창호	여닫이	플라스틱	○	○	1.18	338,421
2	A	MSP180-C	창호	여닫이	플라스틱	○		1.75	192,127
3	A	PJ60CM-C	창호	여닫이	플라스틱	○		2.119	199,371
4	A	PJF60PD-C	창호	여닫이	플라스틱	○		2.123	155,032
5	A	UBF115-4M-C	창호	미닫이	플라스틱			1.508	173,400
6	A	UBF200-4M-C	창호	미닫이	플라스틱			1.835	148,962
7	A	UBF225-C	창호	미닫이	플라스틱	○		2.591	192,500
8	A	USS115-4M	창호	미닫이	플라스틱			1.55	159,400
9	A	USS118-2MA-22LE/AR	창호	미닫이	플라스틱	○	○	2.05	219,728
10	A	VBF120-C	창호	미닫이	플라스틱	○		2.346	165,500
11	A	VBF120PMC	창호	미닫이	플라스틱	○	○	2.01	190,200
12	A	VBF140 분할	창호	미닫이	플라스틱	○	○	2.01	276,792
13	A	VBF140	창호	미닫이	플라스틱	○	○	1.95	197,292
14	A	VBF140-C	창호	미닫이	플라스틱	○		2.197	172,592
15	A	VBF140분할-C	창호	미닫이	플라스틱	○		2.227	172,592
16	A	VBF153-C	창호	미닫이	플라스틱	○		1.977	177,066
17	A	VBF230-C	창호	미닫이	플라스틱			1.44	196,400
18	A	VBF242	창호	미닫이	플라스틱	○		0.94	250,771
19	A	VBF242-C	창호	미닫이	플라스틱			1.402	219,771
20	A	VBF248 분할	창호	미닫이	플라스틱	○		0.995	301,571
21	A	VBF248	창호	미닫이	플라스틱	○		1	246,771

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

표 4.3 수집한 외피시스템 데이터(계속 1)

22	B	VBF248-C	창호	미닫이	플라스틱			1.339	207,171
23	B	VBF248분할-C	창호	미닫이	플라스틱			1.673	219,771
24	B	VBF250 분할	창호	미닫이	플라스틱	○		1	319,793
25	B	VBF250	창호	미닫이	플라스틱	○		0.97	284,993
26	B	VBF250-4PM 분할	창호	미닫이	플라스틱	○	○	0.93	431,580
27	B	VBF250-C	창호	미닫이	플라스틱			1.798	223,880
28	B	VBF250분할-C	창호	미닫이	플라스틱		○	1.304	341,680
29	B	VBF251-4PM 22LE/AR	창호	미닫이	플라스틱	○	○	0.81	338,580
30	B	VBF260 LS 분할	창호	미닫이	플라스틱	○		0.99	355,168
31	B	VBF260 LS	창호	미닫이	플라스틱	○		0.98	300,368
32	B	VBF260 분할	창호	미닫이	플라스틱	○		0.98	355,168
33	B	VBF260	창호	미닫이	플라스틱	○		0.97	254,868
34	B	VBF260-C	창호	미닫이	플라스틱			1.905	260,768
35	B	VBF260LS 분할 22CL-23.76CL	창호	미닫이	플라스틱		○	1.27	340,268
36	B	VBF260LS-C	창호	미닫이	플라스틱			1.493	260,768
37	B	VBF271-C	창호	미닫이	플라스틱			1.298	291,260
38	B	126mm SLIDING	창호	미닫이	알루미늄	○	○	2.763	134,800
39	B	120mm 커튼월	커튼월	고정	알루미늄	○	○	2.255	140,200
40	B	130mm 커튼월	커튼월	고정	알루미늄	○	○	2.555	139,900
41	B	150mm 커튼월	커튼월	고정	알루미늄	○	○	2.551	150,200
42	B	116mm SLIDING(단창)	창호	미닫이	플라스틱	○	○	1.826	158,000
43	B	135mm 시스템	창호	미닫이	플라스틱			2.626	156,400
44	B	226mm SLIDING	창호	미닫이	플라스틱			1.506	190,400
45	B	255mm SLIDNG	창호	미닫이	플라스틱			1.307	249,100
46	B	185mm 슬라이딩	창호	미닫이	알루미늄			2.174	145,700
47	C	120mm 커튼월	커튼월	고정	알루미늄	○		2.611	112,500
48	C	150mm 커튼월	커튼월	고정	알루미늄	○		2.549	120,500
49	C	190mm 4Track Sliding	창호	미닫이	알루미늄	○		1.996	192,500
50	C	DY-SPW-130T/T	창호	여닫이	플라스틱	○	○	1.396	164,000
51	C	이중개폐시스템창호	창호	여닫이	스테인리스	○		1.52	182,670

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

표 4.4 수집한 외피시스템 데이터(계속 2)

52	D	BF-Y140B	창호	미닫이	플라스틱		○	1.676	140,200
53	D	BF-Y225	창호	미닫이	플라스틱			1.633	184,400
54	D	BF-Y235H	창호	미닫이	플라스틱			1.329	184,400
55	D	BF-Y230	창호	미닫이	플라스틱			1.367	205,480
56	D	BF-Y245B	창호	미닫이	플라스틱	○	○	0.812	326,300
57	D	BF-Y250	창호	미닫이	플라스틱			1.579	265,200
58	E	Hizone APS 1	창호	미닫이	플라스틱	○		1.77	230,200
59	E	Hizone APS 2	창호	미닫이	플라스틱	○		1.7	255,000
60	F	AHC100PJ	창호	고정	스테인리스	○	○	1.32	303,100
61	F	AHC128S2	창호	미닫이	스테인리스	○	○	2.613	335,900
62	F	AHC-170 CW	커튼월	고정	스테인리스	○		2.086	426,200
63	F	AHC-175 CW	커튼월	고정	스테인리스	○	○	1.358	426,200
64	F	AHC180TT	커튼월	여닫이	스테인리스	○	○	1.29	390,700
65	F	AHC230DS2	창호	미닫이	스테인리스			1.727	328,000
66	F	AHC230DS4	창호	미닫이	스테인리스			1.749	380,000
67	F	AHC 120CW	커튼월	고정	스테인리스	○	○	1.85	227,400
68	F	AHC 128S	창호	미닫이	스테인리스	○		2.21	289,100
69	F	AHC 150CW 24	커튼월	고정	스테인리스	○		2.088	329,200
70	F	AHC 150CW	커튼월	고정	스테인리스	○		2.21	342,600
71	F	AHC 180LS	커튼월	미닫이	스테인리스	○		2.21	438,700
72	F	AHC 230 DS	창호	미닫이	알루미늄			1.592	296,800
73	F	120mm 복합창	창호	미닫이	스테인리스	○		2.34	169,000
74	F	120mm 복합창	창호	미닫이	스테인리스	○		2.1	169,100
75	F	132mm 복합창	창호	미닫이	스테인리스	○	○	1.87	176,200
76	G	140mm 복합창	창호	미닫이	스테인리스	○		2.5	189,000
77	G	140mm 복합창	창호	미닫이	스테인리스	○		2.12	212,200
78	G	230mm 복합창	창호	미닫이	스테인리스			1.69	262,900
79	G	230mm 복합창	창호	미닫이	스테인리스			1.7	257,700
80	G	250mm 복합창	창호	미닫이	스테인리스	○	○	0.89	270,100
81	G	270mm 복합창	창호	미닫이	스테인리스	○	○	0.82	266,500

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 4.5 수집한 외피시스템 데이터(계속 3)

82	H	BIK-130 SL	창호	미닫이	알루미늄	○		2.59	237,500
83	H	BIK-CCAW-01	커튼월	고정	알루미늄	○		1.825	245,700
84	H	BIK-CCAW-01-170	커튼월	고정	알루미늄	○		1.598	362,500
85	H	BIK-CPJ-01	커튼월	고정	알루미늄	○		2.008	257,500
86	H	BIK-PCAW-01	커튼월	고정	알루미늄	○		1.978	237,500
87	H	BIK-PFIX-01	커튼월	고정	알루미늄	○		2.19	352,500
88	H	BIK-PPJ-01	커튼월	고정	알루미늄	○		1.894	257,500
89	H	BIK-PSL-01	창호	미닫이	알루미늄	○		2.244	267,500

표 4.4 수집한 재생에너지설비 시스템 데이터

번호	업체명	모델명	어레이당 출력 [kWh/㎡]	설치비용 [원/㎡]
0	(원안)	-	-	-
1	I	SCM 190W(25%)	0.139	106,792
2	I	SCM 190W(10%)	0.055	42,717

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

4.3 모델 적용

(1) 원안 분석

리모델링 대안과의 비교분석하기 위해선 리모델링 전의 건물 성능을 평가해야한다. 원안의 조건을 모델에 입력하여 성능을 알아보았다. 앞서 제시한 건물 기본정보를 입력하되, 지역 값은 경기도 부천과 가장 근접한 "서울"로 설정하였고 추가적으로 실질할인율 3.7%(0.037)과 전력요금 107원(산업용)을 입력하였다.

건물 기본 정보				
하절기 실내온도 ↓	동절기 실내온도 ↓	지역 ↓		
26	20	서울		
평균 온도차(하절기)	평균 온도차(동절기)	평균 값		
1.15	15.39	8.27		
용도 ↓	일일 냉난방 가동시간	건물 사용일수		
문화 및 집회시설	9	282		
건물 체적 ↓	건물 입면적(동) ↓	(서) ↓	(남) ↓	(북) ↓
12,386.520	248.400	248.400	579.600	579.600
	열관류율(동) ↓	(서) ↓	(남) ↓	(북) ↓
	0.38	0.38	3.37	0.38
	옥상 면적 ↓			
	720.360			
화폐 정보				
실질이자율 ↓	전력요금 ↓			
0.037	107			

그림 4.1 원안 - 건물 기본 정보 입력내용

에너지성능평가 결과, 체적 열 부하(Q_{Space})가 29,617[㎉], 외피관류 부하($Q_{SS-total}$)가 175,779[㎉]로 산정되었다. 이에 따른 환산계수(CF)는 61.875로 산정되었고, 연간 전력소요량은 157,039[㎾h]로 평가되었고, 신재생에너지설비가 없기 때문에 연간 에너지소요량(TEC)은 전력소요량과 동일하게 산정되었다. 경제성평가 결과, 연간 운영비용(OC)은 16,803,146[원]이 산정되었다. 환경영향배출물 평가 결과, 연간 발생 CO2(EI)는 76.5[TOE]으로 나타났다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

에너지평가					
체적 열 부하 ↓	외피 관류부하(동) ↓	(서) ↓	(남) ↓	(북) ↓	
29,616.966	7,023.776	7,023.776	145,342.877	16,388.811	175,779.240
총 부하					
205,396.205					
50000	4	200000	60.000		
35000	0	0	0.000		
25000	0	0	0.000		
18000	0	0	0.000		
12500	0	0	0.000		
11000	0	0	0.000		
7100	0	0	0.000		
6100	1	6100	1.875		
5100	0	0	0.000		
4500	0	0	0.000		
205396=50000+50000+50000+50000+6100+(-704)					
			환산계수		
			61.875		
연간 전력소요량					
157,038.750					
재생에너지설비 생산량					
0.000					
연간 에너지소요량	원안 대비 에너지소요량				
157,038.750	#REF!				

그림 4.2 원안 - 에너지성능평가 결과

경제성 평가					
초기투자비	외피(동)	(서)	(남)	(북)	
	재생에너지설비				
계					
0					
연간 운영비용	원안 대비 연간 절감비용				
16,803,146	#REF!				
회수기간					
	0				
환경영향배출물 평가					
연간 발생 CO2					
76,512					

그림 4.3 원안 - 경제성평가 및 환경영향배출물 평가 결과

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(2) 대안 적용

▸ 목표 값 설정

앞서 가정한 시나리오의 목표 에너지절감량과 목표 신재생에너지 생산비율을 입력하였다. 또한 선호도요소 가정사항인 커튼월 구조, 고정식 개폐, 알루미늄 프레임, 로이유리, 가스주입 없음의 사항을 입력하였다.

목표 설정		
	[%]	LEED Point
에너지 절감율 →	30%	12
재생에너지 설비 설치비율 →	11%	6
총 획득 LEED Point		18
창호요소		
구조형식 →	커튼월	2
개폐형식 →	고정	1
프레임 재질 →	알루미늄	1
로이창호 여부 →	적용	1
가스주입 여부 →	비적용	2

그림 4.4 대안 - 목표 값 입력

dCollection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

▶ 선호도 요소 일치 판단

리모델링 가정 시나리오는 커튼월 구조, 고정식 개폐, 알루미늄 프레임, 로이유리, 가스주입 없음이다. 대안 모형에서 이와 일치하는 8가지 외피시스템 대안은 선정할 수 있었다.

업체명	모델명	외피구조	개폐형식	프레임 재질	로이적용	가스주입	열관류율 [W/m²K]	비용 [원/m²]
C	120mm 커튼월(폴리세라믹, 불소도장)	커튼월	고정	알루미늄	○		2.611	112,500
C	150mm 커튼월(폴리세라믹, 불소도장)	커튼월	고정	알루미늄	○		2.549	120,500
H	BIK-CCAW-01	커튼월	고정	알루미늄	○		1.825	245,700
H	BIK-CCAW-01-170	커튼월	고정	알루미늄	○		1.598	362,500
H	BIK-CPJ-01	커튼월	고정	알루미늄	○		2.008	257,500
H	BIK-PCAW-01	커튼월	고정	알루미늄	○		1.978	237,500
H	BIK-PFIX-01	커튼월	고정	알루미늄	○		2.19	352,500
H	BIK-PPJ-01	커튼월	고정	알루미늄	○		1.894	257,500
B	120mm 커튼월	커튼월	고정	알루미늄	◎	○	2.255	140,200
B	130mm 커튼월	커튼월	고정	알루미늄	○	○	2.555	139,900
B	150mm 커튼월	커튼월	고정	알루미늄	○	○	2.551	150,200
F	AHC-170 CW	커튼월	고정	스테인리스	○		2.086	426,200
F	AHC-175 CW	커튼월	고정	스테인리스	◎	○	1.358	426,200
F	AHC 120CW	커튼월	고정	스테인리스	○	○	1.85	227,400
F	AHC 150CW 24	커튼월	고정	스테인리스	○		2.088	329,200
F	AHC 150CW	커튼월	고정	스테인리스	○		2.21	342,600
F	AHC 180LS	커튼월	미닫이	스테인리스	○		2.21	438,700
F	AHC180TT	커튼월	여닫이	스테인리스	◎	○	1.29	390,700
A	BR70	창호	여닫이	플라스틱	◎	◎	1.18	338,421
A	MSP180-C	창호	여닫이	플라스틱	○		1.75	192,127
A	PJ60CM-C	창호	여닫이	플라스틱	○		2.119	199,371
A	PJF60PD-C	창호	여닫이	플라스틱	○		2.123	155,032
A	UBF115-4M-C	창호	미닫이	플라스틱			1.508	173,400
A	UBF200-4M-C	창호	미닫이	플라스틱			1.835	148,962
A	UBF225-C	창호	미닫이	플라스틱	○		2.591	192,500
A	USS115-4M	창호	미닫이	플라스틱			1.55	159,400
A	USS118-2MA-22LE/AR	창호	미닫이	플라스틱	○	○	2.05	219,728
A	VBF120-C	창호	미닫이	플라스틱	○		2.346	165,500
A	VBF120PMC	창호	미닫이	플라스틱	○	○	2.01	190,200

그림 4.5 선호도 요소 일치 판단 결과

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

▶ Remodeling Solution 생성

앞서 선호도 요소 판단에서 선정된 외피시스템(SS)을 신재생에너지설비 시스템(RES)과 조합하여 Remodeling Solution을 생성하였다. 그 결과, 변수들이 {k= 0, 1}, {i= 0, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108}, {m= 0, 1}, {j= 0, 101, 102} 형태로 구현된 24가지의 RS를 생성할 수 있었다.

표 4.7 Remodeling Solution 생성

Remodeling Solution				설치가능	원안	Solar Center	Solar Center
				m	0	1	1
				옵션	미설치	SCM 190W(25%)	SCM 190W(10%)
				j	0	101	102
작업부위	k	방법	i	RS^{ij}_{km}	-	-	-
원안	0	-	0	-	-	-	-
남측 외피	1	120mm 커튼월	101	-	$RS^{101.0}_{1.0}$	$RS^{101.101}_{1.1}$	$RS^{101.102}_{1.1}$
남측 외피	1	150mm 커튼월	102	-	$RS^{102.0}_{1.0}$	$RS^{102.101}_{1.1}$	$RS^{102.102}_{1.1}$
남측 외피	1	BIK-CCAW-01	103	-	$RS^{103.0}_{1.0}$	$RS^{103.101}_{1.1}$	$RS^{103.102}_{1.1}$
남측 외피	1	BIK-CCAW-01-170	104	-	$RS^{104.0}_{1.0}$	$RS^{104.101}_{1.1}$	$RS^{104.102}_{1.1}$
남측 외피	1	BIK-CPJ-01	105	-	$RS^{105.0}_{1.0}$	$RS^{105.101}_{1.1}$	$RS^{105.102}_{1.1}$
남측 외피	1	BIK-PCAW-01	106	-	$RS^{106.0}_{1.0}$	$RS^{106.101}_{1.1}$	$RS^{106.102}_{1.1}$
남측 외피	1	BIK-PFIX-01	107		$RS^{107.0}_{1.0}$	$RS^{107.101}_{1.1}$	$RS^{107.102}_{1.1}$
남측 외피	1	BIK-PPJ-01	108		$RS^{108.0}_{1.0}$	$RS^{108.101}_{1.1}$	$RS^{108.102}_{1.1}$

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

▶ 목표 값 충족 여부 판단

앞서 선정된 24가지 대안 중 에너지절감율 30% 이상 달성하면서 신재생에너지설비 생산 비율이 11% 이상인 대안은 $RS^{101.101}_{1.1}$, $RS^{102.101}_{1.1}$, $RS^{103.101}_{1.1}$, $RS^{104.101}_{1.1}$, $RS^{105.101}_{1.1}$, $RS^{106.101}_{1.1}$, $RS^{107.101}_{1.1}$, $RS^{108.101}_{1.1}$, $RS^{103.102}_{1.1}$, $RS^{104.102}_{1.1}$, $RS^{108.102}_{1.1}$,의 11가지 대안으로 나타났다.

▶ 경제성평가

목표 값이 충족된 대안 중 가장 회수기간이 가장 경제적인 대안은 $RS^{101.101}_{1.1}$, $RS^{102.101}_{1.1}$, $RS^{103.10!}_{1.1}$, $RS^{103.102}_{1.1}$의 4가지 대안으로 나타났다. 이 중 초기투자비가 가장 저렴한 $RS^{101.101}_{1.1}$이 최종 Remodeling Solution으로 선정되었다.

▶ 최종 선정대안의 평가결과 확인

최종 선정대안은 Remodeling Solution $RS^{101.101}_{1.1}$이었으며, 해당 대안의 구성은 외피 설치방향(k) 1개소, 설치 외피구성(i)은 "120mm 커튼월(101)", 설치가능 재생에너지설비(m) 1개소, 설비 옵션(j)은 “SCM 190W(25%)"이었다.

총 열 부하(Q_{total})는 172,662㎉이었으며, 이에 따른 환산계수(CF)는 52.5, 연간 전력소요량은 133,245㎾h, 연간 재생에너지설비 생산량은 28,237㎾h, 연간 에너지소요량은 105,008㎾h로 나타났다. 이는 원안 157,039㎾h 대비 33.13% 절감 가능한 수치였으며, 신재생에너지 생산 비율은 전체 에너지소모의 26.89%로 나타났다.

초기투자비(IC)는 외피시스템 설치에 65,205,000원, 신재생에너지설비 설치에 76,928,685원으로 산정되었고, 연간 운영비용(OC)은 11,235,891원으로 산정되었다. 이는 원안 16,803,146원 대비 연간 5,567,255원의 운영절감비용(CS)이 발생하는 것으로, 회수기간(N)은 19년으로 산정되었다.

환경영향배출물(EI) 평가에서는 연간 51.162TOE의 CO_2가 발생되는 것으로 산정되었다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

표 4.8 사례 적용을 통한 대안 평가 결과

Solutions	SS			RES			EPR [%]	P/F	RER [%]	P/F	N [years]	P/F	IC [₩]	EI [TOE/year]	Optimal Alt.
	k	i	K	m	j	C									
Original	0	0	3.37	0	0	0	0		0		0		0	76.5	
$RS^{101.0}_{1.0}$	1	101	2.611	0	0	0	15.15		0		19		65,205,000	64.9	
$RS^{102.0}_{1.0}$	1	102	2.549	0	0	0	15.15		0		20		69,841,800	64.9	
$RS^{103.0}_{1.0}$	1	103	1.825	0	0	0	31.52	✔	0		20		142,407,720	52.4	
$RS^{104.0}_{1.0}$	1	104	1.598	0	0	0	33.33	✔	0		24		210,105,000	51.0	
$RS^{105.0}_{1.0}$	1	105	2.008	0	0	0	26.67		0		23		149,247,000	56.0	
$RS^{106.0}_{1.0}$	1	106	1.978	0	0	0	27.88		0		21		137,655,000	55.1	
$RS^{107.0}_{1.0}$	1	107	2.19	0	0	0	24.85		0		29		204,309,000	57.5	
$RS^{108.0}_{1.0}$	1	108	1.894	0	0	0	29.70		0		21		149,247,000	53.8	
$RS^{101.101}_{1.1}$	1	101	2.611	1	101	0.139	33.13	✔	26.89	✔	19	✔	142,133,685	51.2	✔
$RS^{102.101}_{1.1}$	1	102	2.549	1	101	0.139	33.13	✔	26.89	✔	19	✔	146,770,485	51.2	
$RS^{103.101}_{1.1}$	1	103	1.825	1	101	0.139	49.50	✔	35.60	✔	19	✔	219,336,405	38.6	
$RS^{104.101}_{1.1}$	1	104	1.598	1	101	0.139	51.31	✔	36.93	✔	23		287,033,685	37.3	
$RS^{105.101}_{1.1}$	1	105	2.008	1	101	0.139	44.65	✔	32.48	✔	21		226,175,685	42.4	
$RS^{106.101}_{1.1}$	1	106	1.978	1	101	0.139	45.86	✔	33.21	✔	20		214,583,685	41.4	
$RS^{107.101}_{1.1}$	1	107	2.19	1	101	0.139	42.83	✔	31.45	✔	25		281,237,685	43.7	
$RS^{108.101}_{1.1}$	1	108	1.894	1	101	0.139	47.68	✔	34.37	✔	20		226,175,685	40.0	
$RS^{101.102}_{1.1}$	1	101	2.611	1	102	0.055	22.27		9.15		19		95,976,618	59.5	
$RS^{102.102}_{1.1}$	1	102	2.549	1	102	0.055	22.27		9.15		20		100,613,418	59.5	

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

표 4.9 사례 적용을 통한 대안 평가 결과(계속)

$RS^{103.102}_{1.1}$	1	103	1.825	1	102	0.055	38.63	✔	11.59	✔	19	✔	173,179,338	47.0	
$RS^{104.102}_{1.1}$	1	104	1.598	1	102	0.055	40.45	✔	11.95	✔	24		240,876,618	45.6	
$RS^{105.102}_{1.1}$	1	105	2.008	1	102	0.055	33.78	✔	10.74		22		180,018,618	50.7	
$RS^{106.102}_{1.1}$	1	106	1.978	1	102	0.055	34.99	✔	10.94		20		168,426,618	49.7	
$RS^{107.102}_{1.1}$	1	107	2.19	1	102	0.055	31.96	✔	10.46		27		235,080,618	52.0	
$RS^{108.102}_{1.1}$	1	108	1.894	1	102	0.055	36.81	✔	11.26	✔	21		180,018,618	48.3	

※ SS: Skin System, RES: Renewable Energy System, K: U-value, C: RES capacity, EPR: Energy Performance Rate, P/F: Pass/Fail, RER: Renewable Energy source Rate, N: Payback period, IC: Initial Cost, EI: Emission Impact

: Objective achievement, content : Best value in a row

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

4.4 사례 적용 결과 분석

사례 적용 결과에 대하여 도출할 수 있었던 결론은 다음과 같다.

▶ 선호도 요소 충족 여부 결과, 성능요소(열관류율)이 고루 분포해있는 다수의 대안들 중에서도 의사결정자의 고려사항이 반영된 대안과 그렇지 않은 대안이 나누어져 선정되었다. 즉, 비슷한 성능요소를 가진 제품군으로 분포된 대안들 중에서, 본 모델 사용으로 인하여 의사결정자의 선호 요소를 분명히 반영하여 대안 선정 및 성능 평가를 진행할 수 있었다.

▶ 에너지성능평가 결과, 가장 열관류율 측면에서 유리한 제품군(104- 1.598)임에도 최종 대안으로 선정되지 못한 현상이 확인되었다. 이는 재생에너지 생산 비율을 충족하지 못한 경우도 있으나, 운영 절감비용 대비 초기투자비가 커서 오히려 경제성 평가에서 불리한 경우였기 때문이다.

재생에너지 설치의 설치에 따라서 전체적으로 에너지절감효과가 많이 나타남을 확인할 수 있었다. 이는 사례 적용 대상이 비교적 낮은 규모(3층)의 건축물이기에 외피 변화로 인한 에너지절감효과보다 재생에너지 설비로 인한 효과를 더 많이 얻은 것으로 판단된다.

▶ 경제성평가 결과, 초기투자비가 가장 저렴하고 회수기간이 가장 빠른 대안은 재생에너지설비가 없는 대안이었으나($RS^{101.101}_{1.1}$) 해당 대안은 에너지절감 목표를 달성할 수 없었다. 또한, 에너지절감효과를 통해 초기투자비가 다소 상승하여도 회수기간이 빠르게 나타나는 대안들을 확인할 수 있었다($RS^{101.101}_{1.1}$, $RS^{102.101}_{1.1}$, $RS^{103.10!}_{1.1}$, $RS^{103.102}_{1.1}$).

▶ 환경영향배출물 평가 결과, 가장 CO2 배출량이 적은 대안($RS^{104.101}_{1.1}$)은 원안 대비 절반 수준의 CO2 배출량을 보였으나(37.3/76.5), 초기투자비가 가장 높아 대안으로 선정될 수 없었다.

▶ 전체적으로, 리모델링 대안 선정에 있어 의사결정자의 선호 요소를 반영할 수 있었으며, 단순히 고효율 외피시스템 대안, 고성능 재생에너지 설비 대안, 가장 저렴한

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제품군의 대안, 가장 CO2 발생이 적은 대안은 모두 최종 대안으로 선정되지 못했다. 이는 본 모델을 사용함으로서 가장 합리적으로 대안을 선정할 수 있음을 증명하는 사실로 사료된다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 5장. 결 론

산업발전과 인구증가에 따라 막대한 양의 1차 에너지가 소비되고 있으며 세계적으로 매년마다 많은 양의 환경영향배출물이 발생하고 있다. 건설 산업 평균적으로 전 산업의 40% 이상의 에너지 소모와 33% 이상의 이산화탄소 배출을 기록하고 있다. 이는 건설 산업에서의 에너지절감 및 온실가스 배출 억제를 위해 모두가 노력해야함을 의미한다.

건설 산업의 현황 상, 무분별한 신축, 재건축 공사로 인한 환경파괴, 자원낭비 등의 문제점을 극복함과 동시에 노후화된 기존 건축물을 유지/보수/개선하여 건물 가치를 향상시킬 수 있는 리모델링은 에너지 절감을 위한 최선의 수단으로 여겨지고 있다. 특히 에너지절감형 리모델링은 건물 에너지소비를 저감시키는 패시브적/액티브적 기술을 도입하여 에너지 소비를 저감시키고 온실가스 배출을 억제하는 친환경 리모델링 기법이다.

기존 기술사례와 분석한 결과 대부분 현행 법규 기준에 맞추어 설계·시공하거나 단순 발주자와의 협의를 통해 리모델링 대안을 선정하였으며, 연구 사례를 분석한 결과 역시 현행 법규에서 단순한 비율로서 수치를 강화하는 형식의 리모델링 대안 선정의 과정을 보였다.

본 연구는 에너지절감형 리모델링 수행에 있어 기존의 비과학적이고 경험의존적인 리모델링 대안 선택의 문제점을 해결하기 위하여 대안 선정 의사결정지원 모델을 개발하였다.

이를 위해 리모델링 프로젝트 의사결정과정을 분석하였고, 모델 핵심모듈을 구축하였다. 해당 모듈은 대안선정 설정 모듈, 대안 생성 모듈, 에너지성능평가 모듈, 경제성평가 모듈, 환경영향배출물 평가 모듈이며, 이를 바탕으로 매개변수화 및 사용자 인터페이스로 개발하고 순환 평가형 프로그래밍을 위한 알고리즘을 개발하였다.

개발 모델의 유효성을 증명하기 위한 사례 적용에서는, 외피시스템 제품군 89개, 재생에너지시스템 제품군 2개를 추출하여, 리모델링 전(원안)을 포함하는 대안을 생성하였으며, 적용 결과, 선호도 요소, 에너지절감율, 신재생에너지 생산 비율 목표 값을 충족하는 11가지의 대안을 1차 선정할 수 있었고, 경제성평가를 통해 초기투자비 회수

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

기간이 가장 빠르면서 초기투자비가 저렴한 1개의 최적 대안을 선별할 수 있었다.

사례 적용 결과, 본 모델을 통해 성능요소가 비슷한 대안 중에서도 의사결정자가 원하는 선호도 요소의 대안을 선택할 수 있었으며, 제시된 대안 중 최상의 성능조건을 가진 대안이 아님에도, 가장 합리적인 대안을 선택할 수 있었다.

본 연구의 기대효과와 한계 및 극복방안을 서술해보고자 한다.

1) 본 모댈은 리모델링 계획수립 과정에서 대안 선정에 있어 큰 역할을 할 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 리모델링 과정에 있어, 적절한 대안이 선정되었어도 안전성 평가를 배제하고 시공할 수는 없으며, 이점을 반영하지 못한 점은 향후 본 모델이 개선해 나가야할 가장 최우선의 요소로 판단된다.

2) 의사결정자의 선호도 요소를 반영할 수 있는 체계를 구축하였다. 이는 기존 리모델링 수행 시 의사결정자의 선호도, 의견 등이 배제되었던 불합리함을 극복할 수 있는 방안으로 작용할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 선호도 요소 반영이 창호/커튼월 시스템에만 한정되었다. 또한, 현재 에너지절감을 위한 많은 요소기술(차양, 환기, 반사형 자재, 지열, 태양열 급탕 등) 전체를 반영하지 못한 점에서 그 한계가 있다.

3) 대안 생성 측면에서 외피시스템과 신재생에너지설비를 조합하여 대안을 제시하였다. 이는 리모델링을 위해 선정하고자 하는 시스템들을 서로 조합하여 대안으로서 제시할 수 있기 때문에 다양한 대안을 평가할 수 있다. 이는 의사결정자의 의지에 따라 여러 가지 대안을 능동적으로 만들어낼 수 있는 점에서 활용가능성이 클 것으로 예상된다. 그러나 많은 수의 대안이 조합될수록, 이를 평가하기 위한 모델 평가 횟수가 증가함을 의미하며, 이는 프로그래밍 기법과 외부 데이터(서버)가 필요하다는 점을 의미한다. 따라서 본 연구가 더욱 발전하기 위해선 모델 활용을 위한 주변 환경 조성이 필요하다는 한계점이 존재한다.

4) 에너지성능평가 측면에서 실내 열 환경을 구성하는 다양한 인자를 모두 고려하지 못한 한계가 있다. 이는 에너지 시뮬레이션 기법을 사용하지 않은 본 모델의 가장 큰 한계점으로 판단되며, 이를 보완하기 위해선 외부 시뮬레이션 툴(Tool)과 연계하는 방법을 추가로 개발하여야할 것이다.

5) 실무에서 본 모델의 사용을 위해서는 의사결정 상황 당시의 최신 기술정보를 반영할 수 있어야 한다. 이는 현재 건설 시장에서 사용/시공되고 있는 신뢰성 있는 데이터를 다수 확보해야하고, 지속적으로 개발/출시되고 있는 제품들의 현황을 갱신해주어

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

야 한다는 점의 한계가 있다.

이상 언급한 내용은 본 연구에서 개발한 모델을 보완하고 강화해야할 내용이다. 따라서 향후 연구를 통해 모델을 더욱 개선시킨다면 에너지절감형 리모델링 대안 선정에 있어 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참고문헌

1. 김기석 (2014), 공공청사의 건축물에너지효율등급 향상을 위한 단계별 리모델링에 관한 연구, 전남대학교, 석사학위논문

2. 김기인 (2010), 오피스 리모델링 공사방법 선정을 위한 의사결정모델에 관한 연구, 한양대학교, 석사학위논문

3. 김동재 (2010), 공동주택 리모델링사업 추진을 위한 의사결정 요인에 관한 연구, 강원대학교, 박사학위논문

4. 김재욱 (2012), 소규모 공동주택 에너지 저감형 리모델링을 위한 에너지 성능 및 경제성 평가, 숭실대학교, 석사학위논문

5. 김주영 (2008), 신재생에너지시스템의 건축물 적용을 위한 가이드라인 개발, 경북대학교, 박사학위논문

6. 김진아 (2013), 건물에너지절감을 위한 업무용건축물의 외피계획에 관한 연구, 부산대학교, 석사학위논문

7. 김진형 (2010), 공동주택 태양광발전 시스템의 경제성 평가, 한국기후변화학회지 제1권 제2호, pp.163-177

8. 김현주 (2009), 환경친화적 비용편익을 고려한 공동주택 실내리모델링 의사결정모델, 경북대학교, 박사학위논문

9. 동일건축 기술연구소 저, 건축 리모델링 실무, 건설도서, 2014

10. 미국 그린빌딩 위원회(USGBC), http://www.usgbc.org/

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

11. 박대선 (2008), 로이창호의 일사획득계수에 따른 건물에너지 성능평가 연구, 한밭대학교, 석사학위논문

12. 박성환 (2011), 건설사의 주택도급사업 시공참여 의사결정 요인에 관한 연구, 건국대학교, 석사학위논문

13. 이원식 저, 건축 리모델링, 기문당, 2012

14. 이정복 (2004), 수익성 분석에 의한 오피스 리모델링 의사결정방법, 연세대학교, 박사학위논문

15. 이현정 (2001), 가치변화 추구에 따른 리모델링 경향에 관한 연구, 이화여자대학교, 석사학위논문

16. 임지연 (2012), 활동기반 LCA 모델을 활용한 커튼월 시스템 환경영향 관리체계 구축, 이화여자대학교, 석사학위논문

17. 사단법인 한국리모델링협회 저, 리모델링 사업관리 총설, 기문당, 2007

18. 사단법인 한국리모델링협회 저, 리모델링 총설, 기문당, 2008

19. 송수빈, 김영탁, 염성곤, 윤성환 (2008), 공동주택 창호의 단열효과와 시공비용 분석을 통한 경제성 평가, 대한건축학회 학술발표대회 논문집- 계획계/구조계, 제28권 제1호, pp.659-662

20. 송수빈 (2009), 창호의 단열특성에 따른 공동주택의 에너지 절감효과 및 경제성 분석, 부산대학교, 석사학위논문

21. 송필근 (2012), 태양광에너지 보급 확대에 관한 연구, 계명대학교, 석사학위논문

22. 에너지관리공단, 신재생에너지 소개 - 태양광 - 원리 및 개요

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

23. 박재성, 유종호, 김병수, 홍성철 (2007), 열관류율 민감도 분석에 따른 고단열 삼중창호 시스템의 단열성능평가 연구, 대한건축학회 논문집, 제23권 제10호, pp.159-166

24. 장현숙, 이상호 (2012), 비주거용 건물의 외피 리모델링을 통한 에너지성능향상 방안에 관한 연구, 한국건설관리학회 논문집 제13권 제6호

25. 최보혜 (2009), 외단열 시스템 적용에 따른 공동주택 외피의 에너지성능 평가, 이화여자대학교, 석사학위논문

26. 최준호 (2013), 빌딩프로젝트에 적용가능한 신재생에너지 기술평가연구, 성균관대학교, 석사학위논문

27. 한국시설안전공단 (2013), 그린리모델링 활성화 정책, 국가녹색건축사업센터 보고서 발표 자료 中. (2013.11.1.)

28. 한국시설안전공단, 그린리모델링 사업 백서 Part.1 시범사업 소개, 2013

29. 한국 LEED 연구소, http://www.leedkorea.or.kr/

30. 홍원화, 장민호, 전규엽 (2004), 대형 건축물의 태양광 발전시설 도입에 따른 경제성 및 환경성 효과분석, 대한건축학회 논문집- 계획계, 제20권 제9호, pp.273-280

31. Abdultawab Qahtan, S.P. Rao, Nila Keumala (2014), The effectiveness of the sustainable flowing water film in improving the solar-optical properties of glazing in the tropics, Energy and Buildings 77, pp.247-255

32. Birgit Risholt, Berit Time, Anne Grete Hestnes (2013), Sustainability assessment of nearly zero energy renovation of dwellings based on energy, economy and home quality indicators, Energy and Buildings 60, pp.217-224

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

33. Bribian IZ, Uson AA, Scarpellini S. (2009), Life cycle assessment in buildings: state-of-the art and simplified LCA methodology as a complement for building certification, Building and Environment 44, pp.2510-2520

34. Erlandsson M, Gerneric MB (2003), LCA-methodology applicable for buildings, constructions and operation services-today practice and development needs, Building and Environment 38, pp.919-938

35. I. Hernandez-Perez, G. Alvarez, J. Xaman, I. Zavala-Guillen, J. Arce, E. Sima (2014), Thermal performance of reflective materials applied to exterior building components-A review, Energy and Buildings 80, pp.81-105

36. L.Perez-Lombard, J.Ortiz, C.Pout (2008), A review in buildings energy consumption information, Energy and Buildings 40(3), pp.394-398

37. M.P. Morales, M.C. Juarez, P. Munoz, M.A. Mendivil, J.A. Ruiz (2014), Possibilities for improving the equivalent thermal transmittance of single-leaf walls for buildings, Energy and Buildings 69, pp.473-480

38. P. Mitropoulos, G.A. Howell (2002), Renovation projects: design process problems and improvement mechanisms, Journal of Management in Engineering 18 (4), pp.179-185

39. Sophie Trachte, Fritjof Salvesen (2014), Sustainable renovation of non residential buildings, a response to lowering the environmental impact of the building sector in Europe, Energy Procedia 48, pp.1512-1518

40. Steinar Grynning, Arild Gustavsen, Berit Time, Bjorn Petter Jelle (2013), Windows in the buildings of tomorrow: Energy losers or energy gainers?, Energy and Buildings 61, pp.185-192

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

41. Tae S., Shin S. (2009), Current work and future trends for sustainable buildings in South Korea, Renewable & Sustainable Energy Reviews 13(8), pp.1910-1921

42. The Energy Conservation Center, Energy Conservation Handbook (2008), http://www.eccj.or.jp/databook/2008e/index.html

43. U. Eicker, Low Energy Cooling for Sustainable Buildings, 1st ed., John Wiley & Sons 2009

44. Ullar Alev, Lari Eskola, Endrik Arumagi, Juha Jokisalo, Anna Donarelli, Kai Siren, Tor Brostrom, Targo Kalamees (2014), Renovation alternatives to improve energy performance of historic rural houses in the Baltic Sea region, Energy and Buildings 77, pp.58-66

45. U.S. Census Bureau, Commercial and Institutional Building Construction: 2002, 2002 Economic Census, United States, 2004

46. U.S. Green Building Council, New Construction Reference Guide, October 2007

47. Yi-Kai Juan, Peng Gao, Jie Wang (2010), A hybrid decision support system for sustainable office building renovation and energy performance improvement, Energy and Building 42, pp.290-297

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

감사의 글

사람이 살아가는데 있어 가장 필요한 요소인 의식주(衣食住) 중 한 분야에 대해 공부해보고 싶다는 천진난만한 마음에 입학하게 된 건축공학과는 실로 깊은 고찰과 탐구, 실험 정신과 의지가 필요한 분야였습니다. 입학했던 2007년도가 엊그제 같은데 벌써 학부과정을 넘어 석사과정을 마치는 지금, 보람찬 기분과 함께 아쉬운 마음이 듭니다. 모르는 건 배우고, 할 수 있는 일은 모두해보고자 마음먹고 항상 앞만 보고 달려왔던 지난날이 아닌가 싶습니다. 학부과정을 마치고 취업의 길이 아닌, 연구자의 길로서의 대학원 과정에 진학하였으나, 과연 얼마만큼 배우고, 무얼 할 수 있는지, 무엇을 이루었는지에 대한 스스로의 의문을 던져봄과 동시에 제 자신을 반성해봅니다. 하지만 그간 대학원 생활에서 얻는 지식과 연구실의 연구원으로서 흘린 땀이 제 자신을 더욱 성숙하게 만든 큰 밑거름이 되었다고 생각합니다.

먼저 학부생으로서의 졸업뿐만 아니라 건축공학 석사과정을 마치기까지 물심양면으로 도와주시고 가르쳐주신 조규만 교수님께 깊은 감사의 인사를 드립니다. 교수님이 저에게 연구자로서의 비전을 알려주시고, 저의 부족한 점을 개선하도록 해주시고, 저의 강점을 부각시켜주셨기에 지금의 제가 있지 않나 싶습니다. 교수님의 열의와 같은 가르침을 본받아 향후 맡은 바에 더욱 충실히 행할 수 있는 인재(人才)가 되도록 노력하겠습니다.

학부 신입생 시절부터 지금의 저에게 격려와 조언을 아끼지 않고, 때로는 날카로운 충고로써 도와주신 분들 덕분에 무사히 졸업을 할 수 있지 않나 싶습니다. 김의식 교수님, 故김정섭 교수님, 최재혁 교수님, 조창근 교수님, 김형기 교수님, 황태연 교수님, 국민대 서장후 교수님과 김인호 교수님, 염대봉 교수님, 신웅주 교수님, 김경원 교수님 등 조선대학교 건축학부를 이끄는 교수님들의 열정이 현재의 우리 학과를 만들지 않았나 싶습니다. 또한 현업에 계시면서도 항상 자신의 제자를 가르치는 것과 같이 교내에서 열정을 쏟아주시는 영화키스톤 건축사무소 이청수 이사님, 유성건설 문제춘 이사님, 현대계획연구소 이봉수 소장님께 작게나마 이 지면을 통해 그 동안의 보살핌에 감사의 인사를 드리며, 앞으로 조선대학교 건축공학과의 무궁한 발전을 기원합니다.

저의 삶에 힘이 되어주고 위로가 되어준 많은 선후배, 동기, 벗이 있었기에 지금의 제가 있지 않나 싶습니다. 어색하기 만한 대학원 과정 초기에 많은 도움을 주셨고 지금도 언제나 저에게 큰 도움을 주시는 철근콘크리트복합구조연구실 문형주, 임현진, 김상완, 김호연 선배님께 감사를 전합니다. 또한 연구과제 수행과 학업 전반에 있어

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

여러 가지 도움을 주신 강구조·내진공학연구실 김진향, 장정현, 정시정, 박은수 선배님께 감사의 인사를 드립니다.

아울러 건축인으로서 함께 미래를 이끌어갈 07학번 동기 보현이 형과 영윤, 재두, 병갑, 현호, 안현, 슬기와 평생 함께할 내 친구 봉수, 홍석, 권열이와 각자의 길에서 최선을 다하고 있는 광명, 동열, 승익이와 건축공학 학술동아리 "T-同人" 구성원 모두에게 감사 인사를 드립니다.

함께 지낸 SERICS 연구원들이 있었기에 저의 연구가 완성될 수 있었습니다. 동필이 형과 가영이, (한)지현이, 수지, 재성이, 현재, (이)지현이까지, 건설경영연구실의 일원으로서 모두 앞날에 좋은 일 가득하길 기원합니다.

마지막으로 평생 저를 보살펴주신 가족들에게 감사 인사를 올리고자 합니다. 아직도 손자 걱정에 잠 못 이루시는 할아버지, 할머니와 네가 하고 싶은 일에 대해 얼마든지 지켜봐주겠다며 저를 응원해주시는 아버지, 어머니, 고모와 곧 본인의 출산을 앞두고도 동생 챙겨주느라 바쁜 누나와 매형께 무한한 감사의 인사를 드립니다.

오늘의 작은 결실은 앞날의 행복의 밑거름이 되기에, 오늘도 내일도 더욱 노력하고 정진하는 사람이 되겠습니다. 일일이 거론하지 못한 많은 고마운 분들이 있기에 저는 사회 구성원으로서 오늘을 행복하게 살아갑니다. 모두 행운이 깃들고 무사태평하길 바라며, 감사합니다.

2015년 2월
신 영 수 올림

dCollection @ chosun