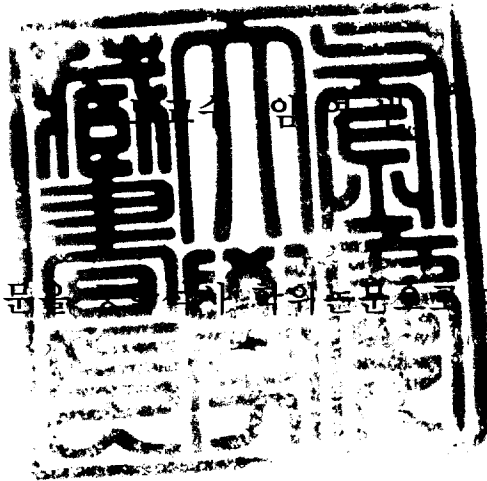


공학석사 학위논문

삼복층유리창을 적용한 가상모델
건물의 LCC분석에 관한 연구



이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2005년 2월

부경대학교 대학원

건축공학과

최 지 호

최지호의 공학석사 학위논문을 인준함

2004년 12월 23일

주 심 공학박사 박 천 석 (인)

위 원 공학박사 이 재 용 (인)

위 원 공학박사 임 영 빈 (인)

목 차

1. 서 론	1
1.1 연구 배경 및 목적	1
1.2 연구 범위와 방법	2
1.3 연구의 흐름도	3
2. 이론적 고찰	4
2.1 수명주기 비용의 분석	4
2.1.1 LCC의 개념	4
2.1.2 미래가치의 현재가치 환산	5
2.1.3 LCC분석에 요구되는 비용	7
2.1.4 에너지가 상승률	10
2.1.5 연가법 산출식	16
2.2 확장도일법과 전부하상당운전시간법	18
2.2.1 도일법과 확장도일법	18
2.2.2 전부하상당운전시간법	20
2.3 유리창의 종류	21
2.3.1 복층유리창	21
2.3.2 삼복층유리창	21
2.3.3 크세논주입 삼복층유리창	22
2.3.4 삼복층유리창의 열적 성능	23

3. 모델건물의 LCC 분석	24
3.1 모델 건물	24
3.2 LCC에 필요한 변수 값	25
3.3 모델건물의 운영에너지량 추산	26
3.4 기타 LCC 기초 자료	27
3.5 LCC 분석	28
3.5.1 각 유리별 LCC 분석 결과	28
3.5.2 각 유리별 초기투자비, 운영비, LCC 비교	31
3.5.3 각 유리별 초기투자비, 운영비, LCC의 증감비율	32
3.5.4 초기 투자비 분석	33
3.5.5 운영비 분석	34
3.5.6 LCC 분석	35
3.5.7 LCC연가 저감율 누계의 분석	36
4. 결론	38
참고문헌	39
Abstract	40

그 림 목 차

그림 1.1 연구의 흐름도	3
그림 2.1 LCC분석 연가법의 개념도	4
그림 2.2 공기 복층유리	21
그림 2.3 공기 삼복층유리	22
그림 2.4 크세논 삼복층유리창	22
그림 3.1 가상모델 건물의 입면도	24
그림 3.2 공기 복층유리 LCC 연가 변화	29
그림 3.3 공기 삼복층유리 LCC 연가 변화	29
그림 3.4 Xe 삼복층유리 LCC 연가 변화	30
그림 3.5 각 유리구조 적용 모델건물의 초기투자비 연가	33
그림 3.6 각 유리구조 적용 모델건물의 운영비 연가	34
그림 3.7 각 유리구조 적용 모델건물의 LCC 연가 변화	35
그림 3.8 삼복층유리창 채택 건물의 LCC저감 누계	37

표 목 차

표 2.1	물가상승률과 이자률	6
표 2.2	LCC 분석에 요구되는 비용	7
표 2.3	원유 도입단가	10
표 2.4	전력량 요금표	11
표 2.5	전년대비 판매 전력량 증가율	12
표 2.6	LNG, LPG의 주요성분 비교	13
표 2.7	연료별 공해 물질 비교	14
표 2.8	연료별 열효율과 발열량	14
표 2.9	지역별 도시가스 단가	14
표 2.10	도시가스 공급량	15
표 2.11	복층유리창 및 삼복층유리창의 열적 특성	23
표 3.1	가상모델건물의 개관 및 기초자료	24
표 3.2	LCC분석을 위한 변수 산정	25
표 3.3	건물의 에너지가 상승률	25
표 3.4	가상 모델건물의 기간부하 추산	26
표 3.5	LCC 분석에 필요한 자료	27
표 3.6	각 유리별 LCC 분석	28
표 3.7	각 유리별 초기투자비, 운영비, LCC 비교	31
표 3.8	각 유리별 초기투자비, 운영비, LCC의 증감비율	32
표 3.9	삼복층유리창 적용 가상모델건물의 LCC 저감율 누계	36

적용하였을 경우 나타나는 수명주기비용 비교분석을 통하여 삼복층유리창의 실제 건물 적용 가부판단에 기여함을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위와 방법

1) ‘확장도일법과 전부하상당운전시간법’¹⁾을 이용, 각각의 유리창 구조별 기간부하를 추산하여 운영 에너지비용을 추산하였고, 연간 수선비용은 신축비용에 연간 일정비용을 적용하여 추산하였다. 운영 노무비는 가상모델 건물의 운영에 필수요원이라고 여겨지는 인원수에 평균 임금을 적용하였다.

2) 에너지가상승율과 수선유지비상승율(일반물가상승율)은 차등을 두어 각각 대입될 수 있도록 미래가치(Future value)를 구하고, 이를 현재가치(Present value)로 환산하여 연가법(年價法)으로 분석하였다.

3) 일반 복층유리창을 도입한 비교대상 기저건물의 초기투자비는 일반적인 평균 면적당 단가를 적용하였으며, 공기주입 삼복층과 크세논 주입 삼복층유리의 초기투자비는 현재 복층유리를 제작하는 제작사로부터 구하여 대입하였다.

1) 정근주, 김동환, 임영빈, 「확장도일법과 정부간기후변화패널 기준에 의한 그린빌딩 평가용 에너지 및 공해 기간부하 추정도구 구축에 관한 연구」, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집 제 24권 1호, 2004년 04월

1.3 연구의 흐름도

본 연구에 있어서 연구의 흐름도는 다음 그림 1.1과 같이 나타났다.

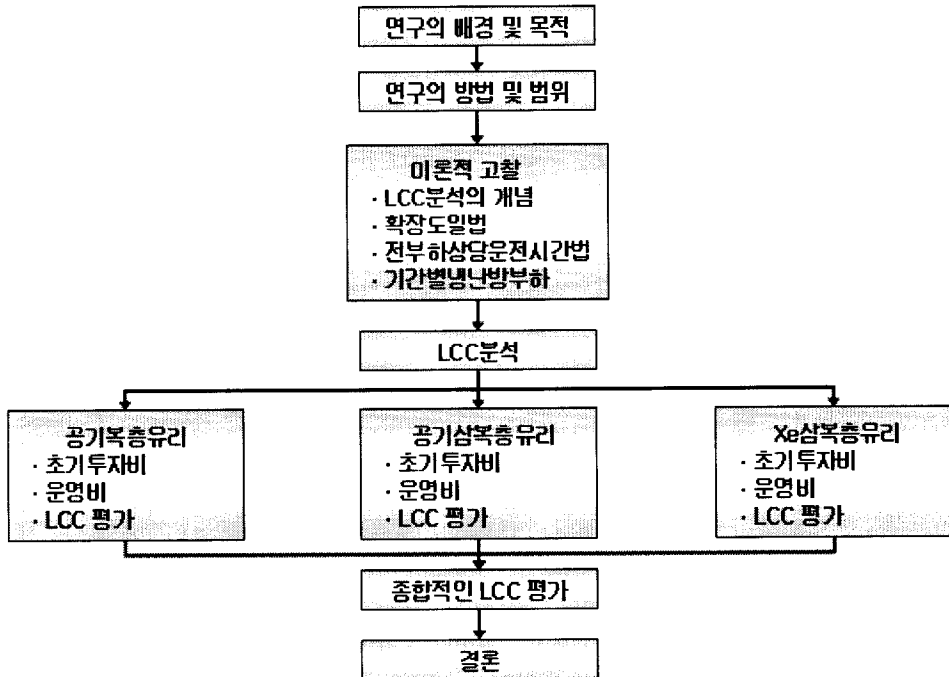


그림 1.1 연구의 흐름도

2. 이론적 고찰

2.1 수명주기비용의 분석

2.1.1 LCC 개념²⁾

LCC(Life Cycle Cost)는 ‘수명주기비용’으로서 건물의 기획 단계에서부터 폐기 처분시기까지의 모든 비용 즉, 계획, 설계비, 건설비, 운용관리비, 폐기물 처분 비용을 합한 것으로 시설물의 수명기간에 필요한 모든 비용을 말하며 LCC분석이란 총 수명주기비용을 최소화할 수 있는 대안의 비교를 통한 일종의 경제성 평가기법이라 할 수 있다.

그림 2.1은 현가에 의한 연가법의 개념을 나타내고 있는데, 각종의 대안 별로 수명주기 동안 연가를 비교하여 가장 LCC 측면의 저렴한 대안을 파악할 수 있다.

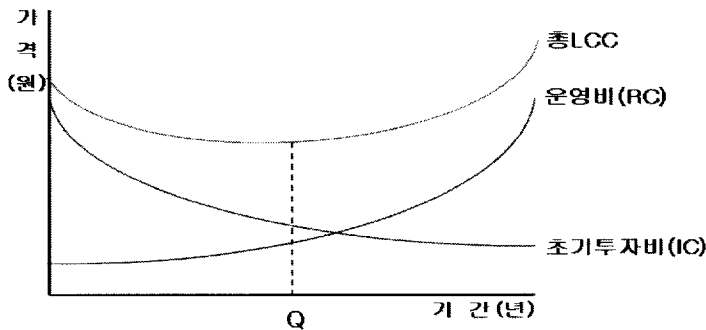


그림 2.1 LCC분석 연가법의 개념도

2) 이승복, 「LCC 분석에 의한 시설물관리의 최적화 방안」, 한국퍼실리티메니지먼트학회지, 제2권 1호, 2000년 1월

2.1.2 미래가치의 현재가치 환산

건물에서 소요되는 비용은 항목별 각기 다른 시점이 발생하기 때문에 LCC분석에 앞서 미래에 발생하게 될 비용을 현재가치로 환산 통합하여 하나의 값으로 표현 할 수 있어야 비교가 가능하게 된다. 미래의 비용을 현재의 가치로 전환하기 위한 가치변동율(Discount Rate)³⁾은 투자의 시점에서 볼 때 시간이 경과함에 따른 화폐가치에 기본을 두고 있다. 이러한 가치변동율은 연간의 물가상승율과 이자율의 두 변수를 두고 있다.

1) 물가 상승률

물가는 여러가지 있으나 가장 많이 사용하는 것이 소비자물가와 생산자물가이다. 소비자물가는 말 그대로 일반소비자가 사용하는 물건의 가격을 지수화하여 평균을 낸 것이고, 생산자물가는 기업이 구매하는 물품의 가격을 지수화하여 평균을 낸 것이다 현재 본 연구에 있어서의 물가는 소비자 물가를 기준으로 하고 있다. 이렇게 물가지수를 구한 다음 그에 따른 전년대비 물가의 상승률을 계산 할 수 있다.

$$\text{올해물가상승률} = 100 \times (\text{올해물가} - \text{지난해 물가}) / \text{지난해 물가}$$

2) 이자율 (공칭 이자율과 실질 이자율)

공칭이자율은 한국은행에서의 대출 금리를 기준으로 하고 실질 이자율은 공칭이자율과 물가상승률 또는 해당비용의 상승률을 고려하여 산정하게 된다. 즉 공칭이자율은 단지 금리만을 고려 할 때 사용되고, 실질 이자율은 이와 함께 물가상승률을 고려하는 요소로 사용된다. 본 연구에 있어서 이자율 산정은 공칭이자율로써 한국은행의 대출금리를 기준으로 하여

3) 가치변동율(Discount Rate: DR)은 투자자의 관점에서 시간에 따른 화폐가치를 반영함으로써 각기 다른 시점에 받게 될 금액과 상관없는 특정기점에 일정한 액수의 형태로 나타낸다.

계산하였다.⁴⁾

물가 상승률과 이자율은 다음 표 2.1⁵⁾과 같이 나타나고 있다.

표 2.1 물가상승률과 이자율

년도	물가 상승률(%)	대출금리(이자율: %)	비고
1990	8.6	-	2004년도의 물가상승률과 대출금리는 2004년 1월부터 9월달까지의 평균으로 계산하여 LCC 분석에서 물가상승률과 이자율에 대입하였다.
1991	9.3	-	
1992	6.2	-	
1993	4.8	-	
1994	6.3	-	
1995	4.5	-	
1996	4.9	11.21	
1997	4.4	11.83	
1998	7.5	15.18	
1999	0.8	9.40	
2000	2.3	8.55	
2001	4.1	7.70	
2002	2.7	6.70	
2003	3.6	6.24	
2004	3.7	6.00	

위의 표 2.1에서 보는 바와 같이 2004년도의 물가 상승률은 2003년도와 비교 해 보았을 때 3.7%로 증가 하였고 2004년도의 이자율은 2003년도와 비교해 보았을 때 6.00%로 감소하였다.

4) 현창택, 「건설산업에서 Life Cycle Cost 를 고려한 원가절감 방법론의 개발에 관한 연구」, 대한건축학회논문집 제8권 9호 1992년 09월

5) 한국은행 경제 통계시스템, 주요경제지표, <http://ecos.bok.or.kr> 2004.10.20

2.1.3 LCC분석에 요구되는 비용⁶⁾

LCC 분석에서 요구되는 비용의 분류 및 요소별 비용을 산정하기 위한 자료출처는 표 2.2 에서 보는 바와 같다.

표 2.2 LCC 분석에 요구 되는 비용

초기투자비 (Initial Cost)	자료확인방법
-구입비	-공급자에게 가격조회
-교체비	-카탈로그
-잔여가치	-데이터 베이스
운영비 (Running Cost)	자료확인방법
-운영 및 유지관리비	-데이터 베이스
-수리비	-전문가의 경험
-에너지 비용	-소비량/가격/가격상승율
기타 (Others)	자료확인방법
-세금	-기타
-유틸리티 환불	
-세금보조	
-기타	

1) 초기투자비(IC)

초기 투자비(IC)는 현재의 시점에서 발생하므로 산정하는 데 큰 어려움은 없다. 일반적으로 초기투자비는 공급자 또는 도급자에게 가격을 조회하거나 다양한 건설물가 현황자료로부터 얻을 수 있다.

① 자산교체비

자산의 교체 시기와 횟수는 전적으로 시스템의 사용연한에 달려 있다. 미래의 교체비용을 산정하기 위한 가격산출은 초기투자비의 산출에서 사용한 현재가를 그대로 사용할 수 있다.

② 잔여가치

사용연한이 지났거나 분석기간 중 교체하고자 할 때 남아있는 자산의 가치를 의미한다. 잔여가치는 아주 작거나 혹은 경우에 따라서 ‘-’일 수도

6) 이승복, 「LCC 분석에 의한 시설물관리의 최적화 방안」, 한국퍼실리티메니지먼트학회지, 제2권 1호, 2000년 1월

있다. 일반적으로 시스템의 잔여가치는 사용연한에 대한 실제 사용기간의 비례에 따라 선형적으로 계산된다.

2) 운영비(RC)

① 에너지 비용

에너지 관리 프로젝트에는 연간 에너지 소비를 줄이고, 이에 따른 운영비를 감소시키는데 목적을 두고 있으며, LCC 분석과 관련한 에너지 비용을 산정하기 위해서는 일반적으로 다음의 항목들이 고려되어야 한다.

- 연간 에너지 소비량
- 에너지원별 현재 가격 체계
- 에너지 가격 변동을

② 에너지 소비량의 계산

건물의 에너지 소비량은 건물이나 혹은 건물시스템에서 사용되는 각각의 에너지 유형에 따라 산정되어야 한다. 만일, 에너지 가격의 변동이 거의 없다면, 연간에너지 소비량을 계산하여도 무방할 것이다. 그러나, 에너지 가격이 계절별 또는 사용 기간에 따라 영향을 받는다면, 에너지 소비량은 기간별로 구분하여 산정되어야 할 것이다.

에너지 소비량을 계산하기 위해서는 수계산(Manual Estimating)에 의한 방법과 컴퓨터 프로그램을 이용하는 방법을 들 수 있으며, 최근에는 ASEAM, DOE-2.1E, BLAST EnergyPlus 등의 다양한 에너지 프로그램이 개발되어 건물의 에너지 소비량을 계산하는 데 폭넓게 활용되고 있다.

③ 현재의 에너지 가격

LCC 분석을 위한 에너지 비용을 산출하려면 현재의 에너지 가격을 적용해야 한다. 또한, 단순한 현재의 에너지 가격 이외에도 지역별 사정에 따른 효율의 형태(Rate Type), 효율의 체계(Rate Structure), 계절별 에너

지 가격의 변동폭, 그리고 최대수요를 초과하였을 경우의 부과금(Demand Charges) 등에 대해서도 고려해야 한다. 이를 위해서는 에너지 공급업체(Utility Companies)의 자료를 참고할 필요가 있다.

④에너지 가격 변동율

장기간에 걸친 LCC 분석을 수행하려면 에너지 가격변동율에 대한 정확한 예측이 필요하다. 에너지 가격은 일반적으로 물가상승과는 판이하게 다른 양상을 보인다. 따라서 미국의 DOE(에너지성)에서는 에너지 가격 및 가치환산에 관한 자료를 매년 새롭게 갱신하여 제공함으로써 연방정부 에너지 관리 프로그램의 LCC 분석에 활용하도록 하고 있다.

2.1.4 에너지가 상승률

본 연구에 있어서 에너지가에 대해서는 총 에너지원(전력, 도시가스, 석유)을 년차별로 조사하여 전년대비 에너지가 상승률을 설정하였다.

즉 다시 말해서 유가상승률과 전력이 상승률 그리고 도시가스 상승률을 각각 전년대비 상승률을 조사하고, 각각의 상승률에 일반건물의 소요에너지 구성비를 대입하여 나눈 평균값을 이용한다.

각 에너지의 상승률은 다음과 같이 조사 되었다.

1) 유가 상승률

유가 상승률은 석유의 상승률로써 원유도입단가의 상승률을 기준으로 하여 설정한다.

다음 표 2.3⁷⁾은 원유 도입단가를 나타내는 표이다.

표 2.3 원유 도입단가

년도	원유도입단가	F.O.B	수송비용
1991	-7.3	-8.2	11.5
1992	-4.5	-3	-29.9
1993	-10.6	-11.2	4
1994	-6.3	-6.1	-9
1995	11.4	11.2	15.5
1996	16.1	16.1	15.9
1997	1.1	0.6	11.6
1998	-32.5	-33.9	-7.5
1999	23.3	26.6	-20.4
2000	66.9	67.6	51.3
2001	-11.9	-12.8	8.5
2002	-2.5	-1	-29.7
2003	18.5	17.7	38.9

위의 표 2.3은 원유도입단가를 전년대비 증감비율로 나타낸 표로써 원

7) 에너지경제연구소, <http://www.keei.re.kr>, 2004.10.20

유도입단가는 F.O.B (수출가격: Free on Board)에 수송비용을 합산한 가격이다.

2) 전력가 상승률

전력가격을 산출시 용도별 전력가와 계절별 전력가로 구분이 된다.

다음 표 2.4⁸⁾는 전력요금을 나타낸 표이다

표 2.4 전력량 요금표

구분		기본요금 (원/kW)	전력량 요금(원/kwh)		
			여름철 (7~8월)	봄·가을철 (4~6,9월)	겨울철 (10~3월)
저압전력		5,170	91.60	61.00	64.90
고압전력A	선택 I	5,330	91.30	60.80	64.90
	선택 II	6,130	87.20	56.70	60.80
고압전력B	선택 I	5,330	88.70	59.00	62.80
	선택 II	6,130	84.60	54.90	58.80

표 2.4는 일반용 전력 요금표로써 계약 전력 1000kW 미만인 건물에 사용되는 것으로 2004년 3월 1일부터 현재까지 시행되고 있는 요금표 이다.

본 연구에서 사용되는 전력가는 선택사항으로써 전력량을 가장 많이 사용하는 여름을 기준으로 하였으며 고압전력을 사용하는 것으로 하여 전체적인 평균단가를 비교 하였을 때 고압전력 B에서 선택II를 선택하여 설정하였다. 전력가 상승률은 판매 전력량을 전년대 비율로 조사하여 기준으로 설정 하였다.

다음 표 2.5⁹⁾ 는 판매 전력량을 전년대 비율로 조사한 표이다

8) 한국전력공사 전기요금표 <http://www.kepco.co.kr> 2004.10.20

9) 에너지경제연구소, <http://www.keei.re.kr>, 2004.10.20

표 2.5 전년대비 판매 전력량 증가율

년도	판매 전력량 증가율(%)
1991	10.6
1992	10.4
1993	10.8
1994	14.7
1995	11.4
1996	11.8
1997	10
1998	-3.6
1999	10.7
2000	11.8
2001	7.6
2002	8
2003	5.4

3) 도시가스 상승률¹⁰⁾

본 연구에서 난방용 에너지원으로 도시가스를 사용한다. 도시가스는 타 화석에너지에 비해 효율이 높기 때문에 경제적으로 활용성이 높은 것으로 조사 되었다.

(1)도시가스의 개요

배관을 통하여 수요자에게 공급하는 연료용 가스로, 석유정제시 나오는 나프타를 분해시킨 것이나 LPG, LNG를 원료로 사용한다.

①액화천연가스 - LNG(Liquefied Natural Gas)

주성분은 메탄이며, 지하에서 뽑아 올린 천연가스를 저장 및 수송에 용이하게 하기 위해, -162℃로 액화시켜 부피를 1/600로 압축시킨 무색 투명한 액체를 말한다.

②액화석유가스 - LPG(Liquefied Petroleum Gas)

주성분은 프로판과 부탄이며, 원유 정제시 나오는 탄화수소를 비교적

10) 한국도시가스협회, <http://www.citygas.or.kr>, 2004.10.20

낮은 압력으로 가하여 액화시키면 부피가 1/240~1/280로 줄어들어 저장·수송·취급에 편리하게 된다. 주로 자동차 연료용에는 부탄을 사용하고, 가정용 연료용에는 프로판을 사용한다.

표 2.6 LNG, LPG의 주요성분 비교

구 분	LNG	LPG
총 발열량	10,500 kcal/m ³	15,000 kcal/m ³
비 중	0.625	1.33
연소속도	39~40cm/sec	44.6cm/sec
폭발 범위	4.8%~14.5%	3.2%~14.7%
가스 그룹	13A	13A
조 성	CH ₄ : 88.9%	C ₃ H ₈ : 61.6%
	C ₂ H ₆ : 8.9%	N ₂ : 30.2%
	C ₃ H ₈ : 1.3%	C ₄ H ₁₀ : 8.2%
	기타 : 0.9%	

(2) 도시가스의 사용현황

도시가스는 편리성, 안전성, 청정성 등의 장점으로 가정에서 산업용, 발전용에 이르기까지 아주 광범위하게 사용되고 있으며, 도시인의 가정연료로서 취사용과 난방 및 급탕용으로 널리 사용되어지며 영업용, 업무용, 산업용, 각종 요리시설로 활용된다.

건물의 난방 및 냉방용으로 사용되어 하절기 전력수요를 대체하는 가스 터빈을 이용한 열병합 발전용으로도 이용되며, 운송연료로서 도시가스를 원료로 천연가스버스(CNG)를 수도권뿐만 아니라, 주요도시에서 운행중에 있으며 지방 도시까지 확대 운행계획을 하고 있다.

(3) 도시가스의 장점

① 청정성

액화과정에서 불순물이 제거되어 연소시 공해물질이 거의 발생하지 않는, 깨끗한 연료로서 쾌적한 대기환경보전에 유용하다.

표 2.7 연료별 공해 물질 비교

연료별	단위	유황산화물(SO ₂)	질소산화물(NO _x)	일산화탄소(CO)	분진
천연가스	g/만kcal	0.01	1	0.3	0
등유	g/만kcal	0.2	1.9	0.6	0.5
중유	g/만kcal	4.1	4	0.6	1.2

② 경제성

천연가스의 열효율과 발열량은 타 에너지에 비해 월등히 높으며 가격 또한 저렴하다.

표 2.8 연료별 열효율과 발열량

구성	열효율	발열량
천연가스	45%	10,500kcal/m ³
석유	40%	9,200kcal/l
전기	38%	4,500kcal/kg
연탄	30%	2,500kcal/kwh

(4) 도시가스 단가

표 2.9 지역별 도시가스 단가

지역(회사) \ 용도	단가	업무 난방	일반용		냉방용 (5월~9월)	산업용	열병합용		
			영업용	영업용2			동절기 (12~3월)	하절기 (5~8월)	기타월 (4,9~11월)
서울	원/m ³	504.41	485.43	441.81	259.54	393.39	453.91	382.12	411.13
경기도	원/m ³	510.67	492.13	448.07	270.16	408.32	479.91	391.25	437.13
인천	원/m ³	508.83	487.85	446.23	260.96	402.85	453.84	382.05	411.06
부산	원/m ³	559.48	496.88	452.36	316.87	415.26	481.16	409.37	438.38
대구	원/m ³	552.46	489.86	491.96	315.01	408.62	-	-	-
광주	원/m ³	542.46	505.01	466.19	311.38	415.44	443.97	372.18	401.19
대전	원/m ³	551.32	505.44	488.72	303.74	417.35	483.17	411.38	440.39

본 연구의 도시가스의 단가 선정은 가상 모델의 위치가 서울지역으로 난방을 주목적으로 하기 때문에 서울지역의 업무난방을 단가로 설정한다. 단 위의 표 2.9는 부가세 별도이므로 부가세를 포함한 가격으로 계산하여 설정한다.

(5) 도시가스의 공급 증가 추이

도시가스의 공급 증가율은 연간 공급량을 기준으로 하여 계산하였다.

표 2.10 도시가스 공급 증가 추이

년도	도시가스 공급 증가 추이(%)	비고
1994	33.6	2004년의 경우 1월부터 8월까지의 공급량을 산출하여 전년대비 평균으로 나눈 값으로 계산하였다.
1995	35.2	
1996	27.3	
1997	16.4	
1998	3.8	
1999	24.5	
2000	19.4	
2001	5.6	
2002	9.6	
2003	6.3	
2004	6.5	

2.1.5 연가법 산출식

본 연구의 현가를 기준한 연가 산출은 다음의 식 (1)~(7)에 의하였다.

① 수명연수별 LCC 연가

$$LCCa = Ia + Rpva \quad (1)$$

여기서, LCCa ; 수명연수별 당해 연도 수명주기비용(PV)

Ia ; 초기투자비 연가(PV)

Rpva ; 운영비 연가(PV)

② 초기투자비 연가

$$Ia = I / n \quad (2)$$

여기서, I ; 초기투자비

n ; 수명연수

③ 현가법에 의한 운영비 연가 계산식

에너지가상승률과 일반도매물가상승률이 상호 다르므로 다음의 식에 의하여, 현재의 시장가격에 각각의 상승률을 적용하여 미래가치로 만들고 재차 현가로 환산하는 방법을 선택하였다.

$$Rpva = Rfva / (1+e)^{n-1} \quad (3)$$

$$Rfva = RfvaE + RfvaM + RfvaL \quad (4)$$

$$RfvaE = RbcaE \times (1+e)^{n-1} \quad (5)$$

$$RfvaM = RbcaM \times (1+e')^{n-1} \quad (6)$$

$$RfvaL = RbcaL \times (1+e')^{n-1} \quad (7)$$

여기서, Rfva ; 운영비 미래연가(FV)

RfvaE ; 에너지비용 미래연가(FV)

RfvaM ; 수선비용 미래연가(FV)

RfvaL ; 인건비 미래연가(FV)

RbcaE ; 에너지비용 기준연가(에너지가상승률이 적용되지 않은 현재가격)

RbcaM ; 수선비용 기준연가(도매물가상승률이 적용되지 않은 현재가격)

RbcaL ; 인건비용 기준연가(도매물가상승률이 적용되지 않은 현재가격)

I ; 이자율

e ; 에너지가상승율

e' ; 일반물가상승율

2.2 확장도일법과 전부하상당운전시간법

2.2.1 도일법과 확장도일법

1) 도일법(Degree Day)

건물의 연간 에너지 소비량을 예측하는 가장 간단한 방법으로 외기온도가 18℃일때 건물 의 일사취득과 내부발열등으로 인하여 건물 열손실이 상쇄되어 에너지가 평형을 이룬다는 가정하에 에너지량을 산출하는 방법으로 도일법의 공식은 다음과 같다.

$$Q = T \cdot W \cdot D \cdot A \quad (8)$$

여기서 Q ; 기간부하량(Kcal/기간),

T ; 1일 평균난방시간(h/day)

W ; 열손실계수(Kcal/m²hoC)

D ; 냉난방도일(oD · d)

A ; 전열총면적(m²)

2) 확장도일법(Expanded Degree Day)

확장도일(Expanded Degree Day)법은 이전의 도일(Degree Day)법에서 반영치 않는 일사 및 실내부하의 영향과 기간운전시수의 영향을 고려하여 기존의 도일법보다 기간 에너지량 추산 오차범위를 줄인 기법으로 다음의 공식에 의한다.

$$Q = K(ti-to) - \eta Is + (\epsilon'/ao)KII - GAf \quad (9)$$

여기서 Q ; 총부하량(Kcal/h),

K ; 총열관류율(Kcal/m²h°C)

t_o ; 실외온도(°C)

t_i ; 실내온도(°C)

η ; 총일사투과율

I_s ; 일사량(Kcal/m²h)

ε' ; 장파방사율

α_o ; 외표면열전달율(Kcal/m²h)

I_l ; 장파실효방사량(Kcal/m²h)

G ; 내부발열밀도(Kcal/m²h)

A_f ; 바닥면적(m²)

(3) 기간냉난방부하

기간부하는 비정상 상태(unsteady state)의 부하계산 방법의 하나로 1년간 또는 어떤 일정기간에 걸쳐서 시시각각으로 변하는 외기 및 실내조건 등에 대응하여 정확한 부하계산이 가능한 방법이다.

본 연구에서는 위의 식(8)과 (9)를 응용하여 기간냉난방부하를 구하는 식(10),(11)을 다음과 같이 정의하였다.

$$Q_{heat} = Q_1 - Q_2 - Q_3 + Q_4 \quad (10)$$

$$Q_{cool} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad (11)$$

여기서 Q_{heat}; 기간난방부하(Kcal/기간)

Q_{cool}; 기간냉방부하(Kcal/기간)

Q₁ ; 구조체부하(Kcal/기간)로 위 식(8)의 Q

Q_2 ; 창문투과일사량(Kcal/기간)

Q_3 ; 실내취득열량(Kcal/기간)

Q_4 ; 환기 및 극간풍 부하(Kcal/기간)

2.2.2 전부하상당운전시간법

단일량법의 일종인 전부하상당운전시간(Full load equivalent hour)법은 일정기간동안의 에너지 사용량을 최대부하계산에 의해 장비용량이 결정된 냉난방 열원장비가 전부하로 가동할 경우의 상당운전시간으로 계산하는 방법이다.

$$\text{전부하상당운전시간} = \frac{\text{연간 부하}}{\text{최대 부하}} \quad 11)$$

즉, 이 방법을 이용하면 냉동기 및 보일러 의 열원용량을 계산하는 경우에 사용되는 최대부하계산으로부터 열원장비의 연간에너지 소비량을 구할 수 있다. 단 시스템의 종류와 운전조건을 고려하기에는 한계가 있다.

전부하상당시간이란 실제연간부하의 시간적산합계가 최대부하의 몇 시간분에 상당하는가 하는 그 시간수를 말한다.

냉·난방별로 최대부하와 전부하상당시간을 알면 , 연간부하를 추정할 수 있다. 상식적인 전부하상당시간의 값도 있으나 최대부하를 어떻게 취하는가에 따라 연간부하가 대폭 달라지므로 정확한 좋은 방법이라고는 할 수 없다. 컴퓨터 이용이전의 시대이다. 부하로써 냉동기 보일러 등의 열원용량을 수용할 때에는 이것을 전부하상당운전시간라고 하며 최대부하계산을 경험적으로 일정한 방법으로 행할 때는 냉동기, 보일러 등에 에너지 소비량을 직접 구할 수 있다.

11) 김교두, 공기조화·위생공학 편람 II, 개정 제10판 1983.09.15

2.3 유리창의 종류

2.3.1 복층유리창(double glass window)

복층유리창은 두 장의 판유리 사이에 중공층을 두는 것으로 중공층의 간격은 간봉의 두께로 결정한다. 현재 주로 사용되고 있는 복층유리는 공동주택을 기준으로 해서 6mm의 중공층을 두는 것을 기본으로 하고 있으며 외국의 경우는 12mm가 기본이며 유럽(독일 등)의 경우에는 16~18mm를 의무화 하고 있으며 24~30mm까지 사용되고 있다.

복층유리창는 중공층의 열차단 성능 때문에 일반 판유리창과 비교할 때 열관류율(K값,U값)이 1/2정도여서 실내에너지의 손실을 방지하는 효과를 가져오고, 동시에 실내유리 표면의 온도가 낮지 않아 이슬맺음 현상을 예방하는 장점이 있다.¹²⁾ 그림 2.2는 공기 복층유리의 구조를 나타낸 것이다.

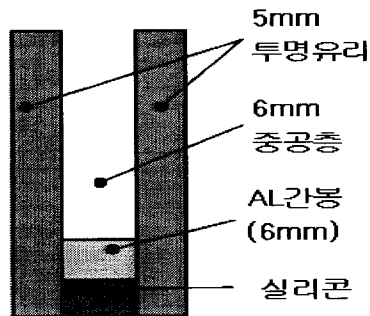


그림 2.2 공기 복층유리

2.3.2 삼복층유리창(Triple glass window)

현재 사용되고 있는 삼복층유리는 복층유리에 간봉을 이용하여 유리 한 장을 추가적으로 부착시키는 것을 말한다. 그림 2.3는 삼복층유리창의 구

12) 국영유리, <http://www.kukyoung.com/>, 2004,10,20

조를 나타내고 있다.

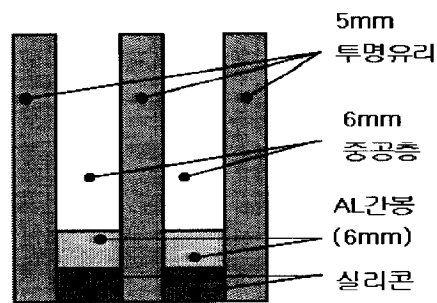


그림 2.3 공기 삼복층유리

2.3.3 크세논주입 삼복층유리창

그림 2.4는 크세논을 주입한 삼복층유리창으로 삼복층유리창에 Low-e 코팅과 내부에 크세논 가스를 채우는 구조로 되어있다.

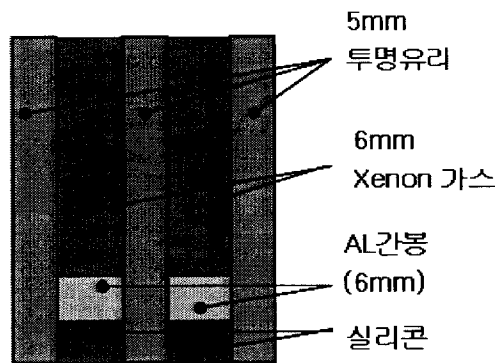


그림 2.4 크세논 삼복층유리

2.3.4 삼복층유리창의 열적 성능

본 연구에서 사용되는 각각의 유리에 대한 특성을 파악한 결과 다음 표 2.11과 같다.

표 2.11. 복층유리창 및 삼복층유리창의 열적 특성

항 목	단위	공기주입 복층유리 ¹³⁾	공기주입 삼복층유리 ¹⁴⁾	Xe 주입 삼복층유리 ¹⁵⁾
구 조	mm	5×6×5	5×6×5×6×5	5×6×5×6×5
가시광선투과율	%	32.5	28.8	28.8
태양복사선투과율	%	42.7	34.3	34.3
U-Value	W/m ² K	3.49	2.20	0.40
K-Value	Kcal/m ² hr℃	3.00	1.89	0.34

13) H-glass 연구소, 한국 전북 군산 소재, 2004년 10월 29일

14) H-glass 연구소, 한국 전북 군산 소재, 2004년 10월 29일

15) Triple glass, Coating on three levels(Low-e glass)+Xe, 유럽연합(EU)이 주관하는 아틀라스(ATLAS)프로젝트 일환으로 추진하는 크세논 삼복층유리의 안내 인터넷 웹사이트 참조, http://europa.eu.int/comm/energy_transport/atlas/, 2004.10.20

3. LCC 분석

3.1 모델건물

LCC비교분석을 위하여 서울지역 위도의 연면적 14,000(㎡) 규모의 가상 모델건물을 설정하였다. 표 3.1 및 그림 3.1는 가상모델건물의 각종 자료 및 개관을 나타내고 있다.

표 3.1. 가상모델건물의 개관 및 기초자료

항목		내 용
건물위치		서울 도심지 (위도37,경도126)
대지면적		5,000㎡ (1,512.50 평)
건축면적		1,000㎡ (302.50 평)
연면적	지상층	10,000㎡ (3,025.00 평)
	지하층	4,000㎡ (1,210.00 평)
층수,높이		지상 10층, 40m / 지하 4층, 25m
용도, 용적율		사무소, 200%
유리면적		전체 3,120㎡ (동, 서: 각각 600㎡, 남북: 각각 960㎡)
건물추정수명		40년(행정부의 건물수명 기준치)
에너지단가		도시가스 ; 560(원/㎡), 전력 ; 225(원/Kwh)

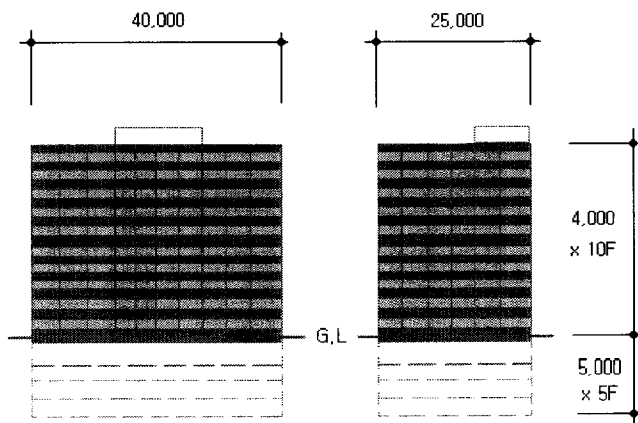


그림 3.1 가상모델 건물의 입면도

3.2 LCC 분석 필요 변수 값

LCC분석을 위한 기초변수인 일반물가상승율, 이자율, 에너지가상승율의 변수는 표 3.2과 같다.

표 3.2 LCC 분석을 위한 변수 산정

항목	변수	비 고
물가상승율 ¹⁶⁾	3.66%	
에너지가상승률	7.5%	표 4의 건물 에너지가상승율 참조
대출금리 ¹⁷⁾	6.0%	

표 3.3의 건물 에너지가상승율은 석유, 도시가스, 전력의 각각 상승율에 일반건물의 소요에너지 구성비를 대입한 평균값이다.

표 3.3 건물 에너지가상승율

구성	상승율	건물에너지 구성비 ¹⁸⁾	건물에너지가 상승율
석유	18.5% ¹⁹⁾	11.8%	2.2%
도시가스	6.5% ²⁰⁾	46.9%	3.1%
전력	5.4% ²¹⁾	41.3%	2.2%
환산치		100.0%	7.5%

16) 통계정보시스템, <http://kosis.nso.go.kr/>, 2004.10.20

17) 통계정보시스템, <http://kosis.nso.go.kr/>, 2004.10.20

18) 에너지경제연구소, <http://www.keei.re.kr/> 2004.10.20

19) 에너지경제연구소, <http://www.keei.re.kr/> 2004.10.20

20) 한국도시가스협회, <http://www.citygas.or.kr/>, 2004.10.20

21) 한국전력공사, <http://www.kepco.co.kr/>, 2004.10.20

3.3 모델건물의 운영 에너지량 추산

확장도일법과 전부하상당운전시간법에 의하여 모델건물에 일반복층유리창, 공기주입 삼복층유리창, 크세논주입 삼복층유리창을 각각 적용하였을 경우에 추산되는 에너지량을 구하였다.

표 3.4는 가상건물의 기간부하 추산치를 나타내고 있다.

표 3.4 가상 모델건물의 기간부하 추산

항 목		단위	복층유리	삼복층 유리	삼복층 유리(Xe)
난방용	열에너지	MJ/년	4,014,000	3,708,000	3,006,000
	전력에너지	MJ/년	377,039	348,269	282,357
냉방용	냉열에너지	MJ/년	1,505,000	1,487,000	1,459,000
	전력에너지	MJ/년	595,654	588,601	577,448
기간 에너지	총에너지량	MJ/년	5,519,000	5,195,000	4,465,000
	외부전력	MJ/년	971,878	936,897	859,804
단위면적 기간에너 지	화석에너지	MJ/m ² 년	68,481	63,260	51,284
	전력에너지	MJ/m ² 년	16,595	15,984	14,669
	계	MJ/m ² 년	85,076	79,244	65,953

3.4 기타 LCC 기초자료

LCC분석을 위한 기타 기초자료로 일반건물 건립비는 4,000(천원/평), 공기주입 삼복충유리공사비 증가액은 건물전체 68,640(천원), 크세논주입 삼복충유리공사비 증가액은 건물전체 107,484(천원), 연간 수선비는 초기 건립비 기준 0.1%, 인건비는 80(천원/인)으로 4인 필요 인원으로 입력하였다.

표 3.5는 LCC 분석에 필요한 기타자료를 나타내고 있다.

표 3.5 LCC분석에 필요한 기타자료

항목	단위	금액	산출근거
일반복충유리 건물건립비	천원/식	16,940,000	@4,000*14,000*0.3025
공기주입 삼복충유리창 증액	천원/식	68,640	@22 ²²⁾ *3,120
크세논주입 " 증액	천원/식	107,484	@(28+6.45 ²³⁾)*3,120

22) S 복충유리 제작사의 견적가로서, 일반 복충유리에 공기주입 삼복충유리를 제작할 경우에 추가되는 금액임.

23) 일반복충유리창에 비하여 Low-e 삼복충유리창[5×6×5×6×5(mm)=27mm] 제작추가 단가 @28,000(원/㎡); S복충유리제작사 단가, 크세논가스단가 @72(원/㎡); G산업가스의 견적가, 주입 인건비 및 기타 비용 @5,586(원/㎡); S 복충유리 제작사의 견적가, 삼복충유리창 1㎡에 12ℓ 소요, 가스재료비 @864(원/㎡), 따라서 크세논 주입 삼복충유리창 제작 추가단가는 일반복충유리 창보다 @28,000+@6,450 =34,450(원/㎡) 증가됨.

3.5 LCC 분석

3.5.1 각 유리별 LCC 분석 결과

표 3.6 각유리별 LCC 분석

수명 기간	공기복층유리			공기삼복층유리			Xe 삼복층유리		
	IC	RC	LCC	IC	RC	LCC	IC	RC	LCC
1	1210	217	1427	1215	211	1426	1218	195	1413
2	605	217	822	607	210	818	609	195	804
3	403	216	620	405	210	615	406	194	600
4	303	216	519	304	209	513	304	193	498
5	242	216	458	243	209	452	244	193	436
6	202	216	417	202	208	411	203	192	395
7	173	216	388	174	208	382	174	192	366
8	151	215	367	152	208	360	152	191	344
9	134	215	350	135	208	343	135	191	326
10	121	216	337	121	208	329	122	191	312
11	110	216	326	110	208	318	111	190	301
12	101	216	317	101	208	309	101	190	292
13	93	216	309	93	208	302	94	190	284
14	86	216	303	87	208	295	87	190	277
15	81	217	297	81	209	290	81	190	271
16	76	217	293	76	209	285	76	190	266
17	71	218	289	71	209	281	72	190	262
18	67	218	286	67	210	277	68	191	258
19	64	219	283	64	210	274	64	191	255
20	61	220	280	61	211	272	61	191	252
21	58	220	278	58	212	269	58	192	250
22	55	221	276	55	212	267	55	192	247
23	53	222	275	53	213	266	53	192	245
24	50	223	273	51	214	264	51	193	244
25	48	224	272	49	215	263	49	194	242
26	47	225	272	47	216	262	47	194	241
27	45	226	271	45	217	262	45	195	240
28	43	227	271	43	218	261	43	196	239
29	42	229	270	42	219	261	42	196	238
30	40	230	270	40	220	260	41	197	238
31	39	231	270	39	221	260	39	198	237
32	38	233	270	38	222	260	38	199	237
33	37	234	271	37	224	260	37	200	237
34	36	236	271	36	225	261	36	201	237
35	35	237	272	35	226	261	35	202	237
36	34	239	273	34	228	262	34	203	237
37	33	241	273	33	230	262	33	205	237
38	32	242	274	32	231	263	32	206	238
39	31	244	275	31	233	264	31	207	238
40	30	246	276	30	235	265	30	209	239

각 유리별 LCC 분석결과는 위의 표 3.6에서 보는 것과 같이 나타났다.

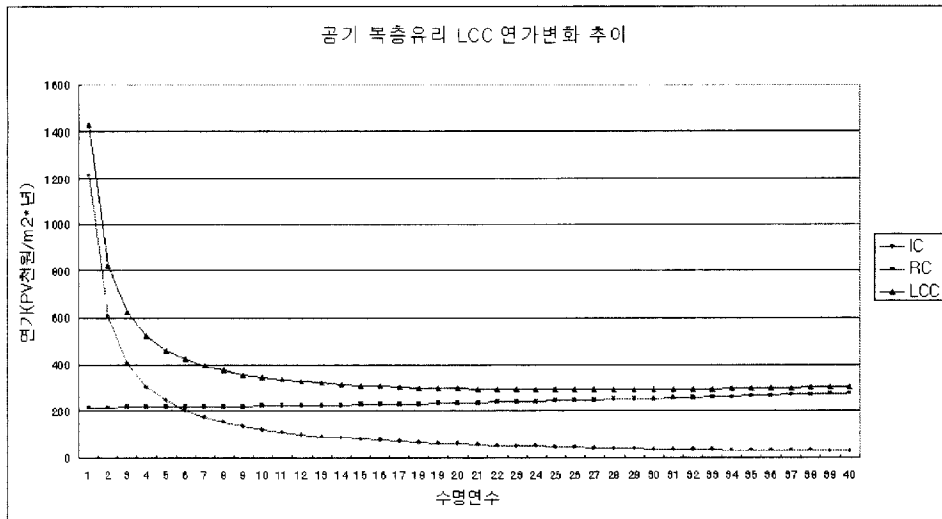


그림 3.2 공기 복층유리의 LCC 연가 변화

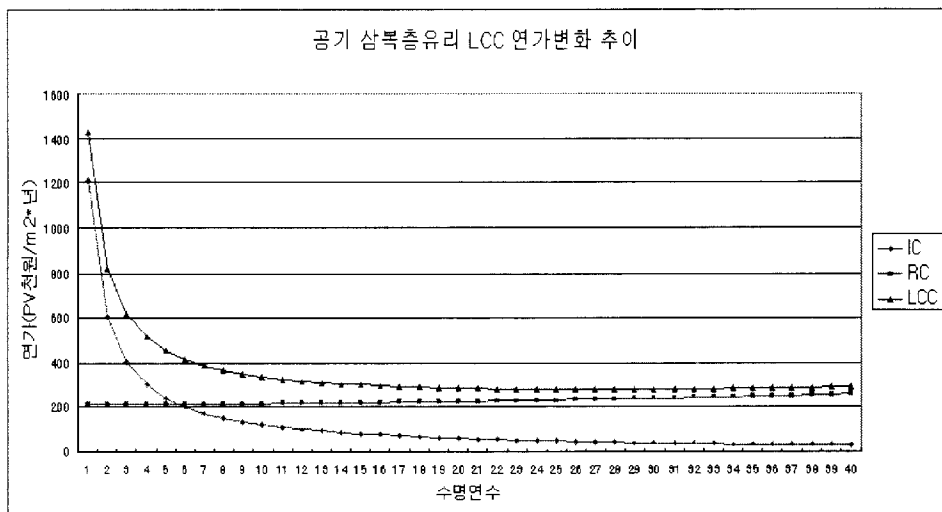


그림 3.3 공기 삼복층유리 LCC 연가 변화

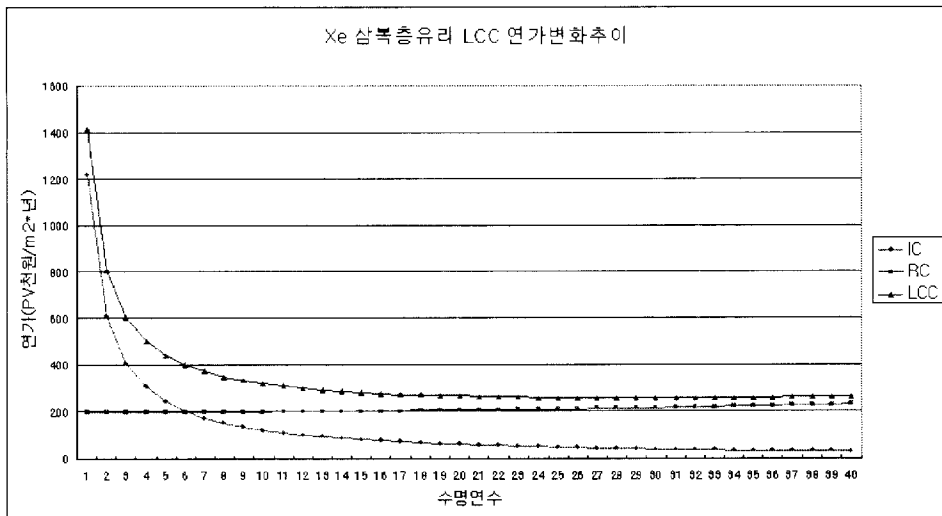


그림 3.4 Xe삼복층유리 LCC 연가 변화

각각의 유리창에 대한 LCC 연가 변화에 대한 그래프는 그림 3.2~3.4로써 나타내고 있다.

3.5.2 각유리별 초기투자비, 운영비, LCC 비교

표 3.7 각 유리별 초기투자비, 운영비, LCC 비교

수명 기간	IC(연가)			RC(연가)			LCC(연가)		
	공기 복층	공기 삼복층	Xe 삼복층	공기 복층	공기 삼복층	Xe 삼복층	공기 복층	공기 삼복층	Xe 삼복층
1	1210	1215	1218	217	211	195	1427	1426	1413
2	605	607	609	217	210	195	822	818	804
3	403	405	406	216	210	194	620	615	600
4	303	304	304	216	209	193	519	513	498
5	242	243	244	216	209	193	458	452	436
6	202	202	203	216	208	192	417	411	395
7	173	174	174	216	208	192	388	382	366
8	151	152	152	215	208	191	367	360	344
9	134	135	135	215	208	191	350	343	326
10	121	121	122	216	208	191	337	329	312
11	110	110	111	216	208	190	326	318	301
12	101	101	101	216	208	190	317	309	292
13	93	93	94	216	208	190	309	302	284
14	86	87	87	216	208	190	303	295	277
15	81	81	81	217	209	190	297	290	271
16	76	76	76	217	209	190	293	285	266
17	71	71	72	218	209	190	289	281	262
18	67	67	68	218	210	191	286	277	258
19	64	64	64	219	210	191	283	274	255
20	61	61	61	220	211	191	280	272	252
21	58	58	58	220	212	192	278	269	250
22	55	55	55	221	212	192	276	267	247
23	53	53	53	222	213	192	275	266	245
24	50	51	51	223	214	193	273	264	244
25	48	49	49	224	215	194	272	263	242
26	47	47	47	225	216	194	272	262	241
27	45	45	45	226	217	195	271	262	240
28	43	43	43	227	218	196	271	261	239
29	42	42	42	229	219	196	270	261	238
30	40	40	41	230	220	197	270	260	238
31	39	39	39	231	221	198	270	260	237
32	38	38	38	233	222	199	270	260	237
33	37	37	37	234	224	200	271	260	237
34	36	36	36	236	225	201	271	261	237
35	35	35	35	237	226	202	272	261	237
36	34	34	34	239	228	203	273	262	237
37	33	33	33	241	230	205	273	262	237
38	32	32	32	242	231	206	274	263	238
39	31	31	31	244	233	207	275	264	238
40	30	30	30	246	235	209	276	265	239

위의 표 3.7은 각 유리별 초기 투자비와 운영비 그리고 LCC를 비교하여 나타낸 것이다.

3.5.3 각 유리별 초기투자비, 운영비 LCC의 증감비율

표 3.8 각 유리별 초기투자비, 운영비, LCC 의 증감비율

수명 기간	IC 증가비율		RC 감소비율		LCC 증감비율		LCC저감액 (천원PV/년) (14,000m2 전체 적용)	
	삼복층 /복층	Xe삼복층 /복층	삼복층 /복층	Xe삼복층 /복층	삼복층 /복층	Xe삼복층 /복층	복층 - 삼복층(공기)	복층 - 삼복층(Xe)
1	0.41%	0.63%	3.09%	10.09%	0.13%	1.00%	25,388	199,515
2	0.41%	0.63%	3.14%	10.25%	0.53%	2.24%	61,039	257,545
3	0.41%	0.63%	3.19%	10.41%	0.85%	3.22%	73,827	279,804
4	0.41%	0.63%	3.24%	10.58%	1.11%	4.04%	80,914	293,165
5	0.41%	0.63%	3.29%	10.74%	1.34%	4.73%	85,731	303,003
6	0.41%	0.63%	3.34%	10.90%	1.53%	5.32%	89,422	311,110
7	0.41%	0.63%	3.39%	11.06%	1.70%	5.85%	92,478	318,254
8	0.41%	0.63%	3.44%	11.21%	1.85%	6.33%	95,144	324,821
9	0.41%	0.63%	3.49%	11.37%	1.99%	6.76%	97,557	331,025
10	0.41%	0.63%	3.53%	11.52%	2.12%	7.15%	99,799	336,993
11	0.41%	0.63%	3.58%	11.68%	2.24%	7.52%	101,922	342,810
12	0.41%	0.63%	3.63%	11.83%	2.34%	7.86%	103,961	348,529
13	0.41%	0.63%	3.68%	11.98%	2.45%	8.18%	105,940	354,190
14	0.41%	0.63%	3.72%	12.13%	2.54%	8.49%	107,878	359,820
15	0.41%	0.63%	3.77%	12.27%	2.64%	8.77%	109,785	365,440
16	0.41%	0.63%	3.81%	12.42%	2.72%	9.05%	111,674	371,065
17	0.41%	0.63%	3.86%	12.56%	2.81%	9.31%	113,550	376,709
18	0.41%	0.63%	3.90%	12.70%	2.89%	9.56%	115,420	382,380
19	0.41%	0.63%	3.94%	12.84%	2.96%	9.81%	117,288	388,086
20	0.41%	0.63%	3.99%	12.98%	3.04%	10.04%	119,159	393,834
21	0.41%	0.63%	4.03%	13.12%	3.11%	10.27%	121,035	399,631
22	0.41%	0.63%	4.07%	13.25%	3.18%	10.48%	122,920	405,479
23	0.41%	0.63%	4.11%	13.38%	3.25%	10.70%	124,815	411,384
24	0.41%	0.63%	4.15%	13.51%	3.31%	10.90%	126,723	417,349
25	0.41%	0.63%	4.19%	13.63%	3.37%	11.10%	128,645	423,377
26	0.41%	0.63%	4.23%	13.76%	3.43%	11.29%	130,583	429,472
27	0.41%	0.63%	4.27%	13.88%	3.49%	11.48%	132,537	435,635
28	0.41%	0.63%	4.30%	14.00%	3.55%	11.66%	134,510	441,870
29	0.41%	0.63%	4.34%	14.12%	3.61%	11.84%	136,502	448,178
30	0.41%	0.63%	4.37%	14.23%	3.66%	12.01%	138,514	454,561
31	0.41%	0.63%	4.41%	14.35%	3.71%	12.18%	140,548	461,023
32	0.41%	0.63%	4.44%	14.46%	3.77%	12.35%	142,603	467,564
33	0.41%	0.63%	4.48%	14.56%	3.82%	12.51%	144,682	474,187
34	0.41%	0.63%	4.51%	14.67%	3.87%	12.66%	146,783	480,893
35	0.41%	0.63%	4.54%	14.77%	3.91%	12.81%	148,910	487,684
36	0.41%	0.63%	4.57%	14.88%	3.96%	12.96%	151,061	494,562
37	0.41%	0.63%	4.60%	14.98%	4.00%	13.11%	153,237	501,528
38	0.41%	0.63%	4.63%	15.07%	4.05%	13.25%	155,440	508,585
39	0.41%	0.63%	4.66%	15.17%	4.09%	13.39%	157,670	515,733
40	0.41%	0.63%	4.69%	15.26%	4.13%	13.52%	159,927	522,975

위의 표 3.8는 각 유리별 초기투자비와 운영비 그리고 LCC에 대한 증감비율을 나타낸 표이다.

3.5.4 초기투자비 분석

앞의 식 (1)~(7)을 이용 엑셀 기반의 간결한 Life Cycle Costing 프로그램을 구성하고, 위의 제반 기초자료를 입력한 결과 표 18과 19와 같은 LCC의 연산결과가 나타났다. 표 3.7과 3.8에서 보이는 바와 같이 각각 유리구조에 대한 초기 투자비를 분석한 결과, 일반 복층유리창을 적용한 경우에 비하여 공기주입 삼복층유리창의 초기투자비 연가는 0.41% 높게, 크세논주입 삼복층유리창의 연가는 0.63% 높게 나타났는데, 이는 미미한 증가 수준으로서 전체건축비에 유리창 공사비가 차지하는 구성비율이 낮기 때문으로 판단된다.

그림 3.5는 가상모델 건물에 일반복층유리창, 공기주입 삼복층유리창, 크세논주입 삼복층유리창을 각각 적용하였을 때 40년 수명동안 나타난 초기투자비 연가의 변화추이를 나타내고 있다.

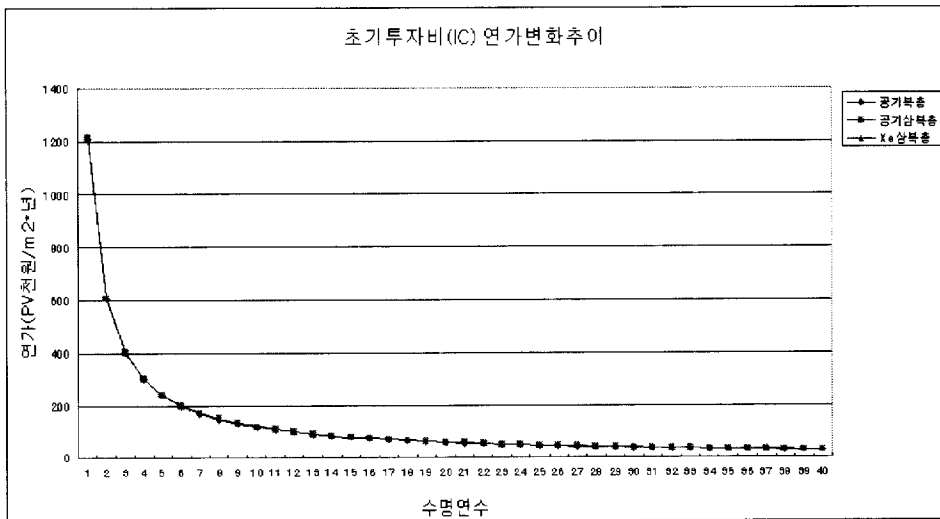


그림 3.5 각 유리구조 적용 모델건물의 초기투자비 연가

3.5.5 운영비 분석

표 3.7과 3.8에서 각각의 유리 구조에 대한 운영비를 분석한 결과, 가상 모델 건물에 일반 복층유리창 적용 시와 공기주입 삼복층유리의 운영비 차이는 수명 40년 시의 운영비 연가가 4.69%의 저감을 보였으므로 큰 차이가 없다고 볼 수 있다. 그러나 크세논주입 삼복층유리창을 적용하였을 경우의 그것은 15.26%의 저감을 보였으므로 상당한 차이가 있다고 볼 수 있다.

그림 3.6은 가상모델 건물에 각각의 유리창 구조를 적용하였을 경우에 수명 40년까지의 운영비 연가의 변화추이를 나타내고 있다.

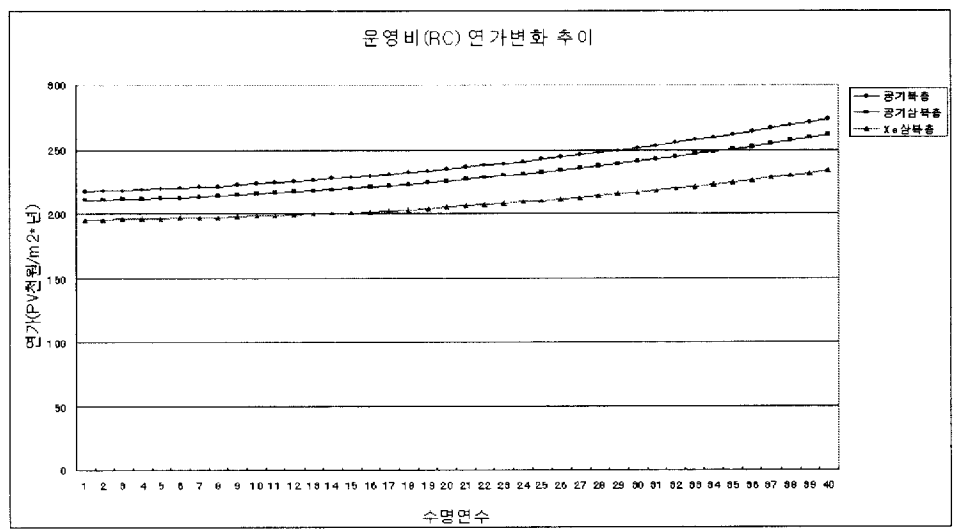


그림 3.6 각 유리구조 적용 모델건물의 운영비 연가

3.5.6 LCC의 분석

각각 유리구조별 초기투자비(IC)와 운영비(RC)의 연가를 분석하고 이를 합산하여 LCC를 구해본 결과, 표 3.7과 3.8에서 보이는 바와 같이 수명 40년 시의 LCC는 모델건물에 일반복층유리 적용을 기준하여 공기주입 삼복층유리창 적용 시에는 4.13%의 저감율이 나타났으므로 많은 차이가 없는 것으로 분석되었다. 반면 크세논주입 삼복층유리창 적용 시에는 13.52%의 저감율이 나타났으므로 상당한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

그림 3.7은 가상모델 건물에 일반복층유리창, 공기주입 삼복층유리창, 크세논주입 삼복층유리창을 적용하였을 경우에 나타나는 수명 40년 동안의 LCC연가 변화추이를 나타내고 있다.

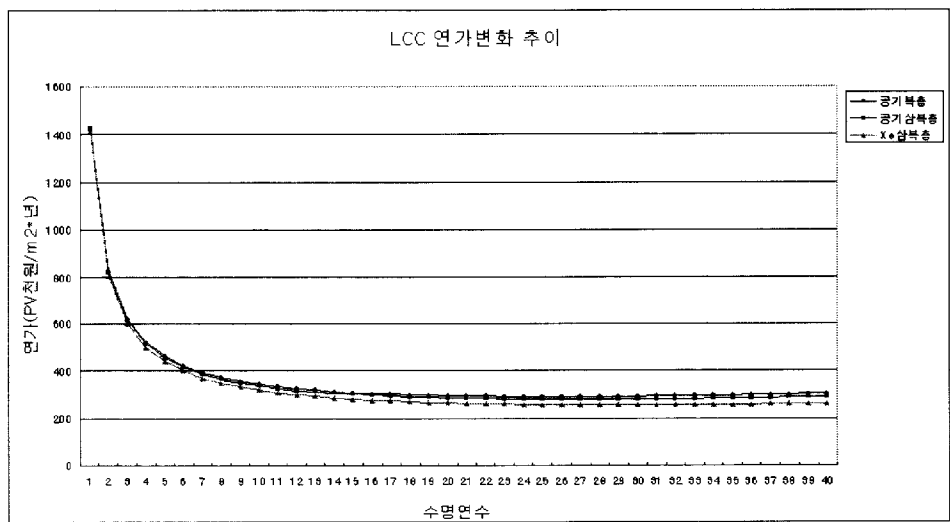


그림 3.7 각 유리구조의 적용 시 모델건물의 LCC 연가변화

3.5.7 LCC연가 저감율 누계의 분석

표 3.9 삼복층유리창 적용 가상모델 건물의 LCC 저감율 누계

수명 경과 연수	일반복층유리 적용초기건립비 (백만원PV) (14,000m2 전체)	저감금액 누계 (백만원PV) (14,000m2 전체 적용)		초기건립비 기준 저감금액 누계비율	
		복층 - 삼복층(공기)	복층 - 삼복층(Xe)	복층 - 삼복층(공기)	복층 - 삼복층(Xe)
1	16,940	25.4	199.5	0.15%	1.18%
2	16,940	86.4	457.1	0.51%	2.70%
3	16,940	160.3	736.9	0.95%	4.35%
4	16,940	241.2	1,030.0	1.42%	6.08%
5	16,940	326.9	1,333.0	1.93%	7.87%
6	16,940	416.3	1,644.1	2.46%	9.71%
7	16,940	508.8	1,962.4	3.00%	11.58%
8	16,940	603.9	2,287.2	3.57%	13.50%
9	16,940	701.5	2,618.2	4.14%	15.46%
10	16,940	801.3	2,955.2	4.73%	17.45%
11	16,940	903.2	3,298.0	5.33%	19.47%
12	16,940	1,007.2	3,646.6	5.95%	21.53%
13	16,940	1,113.1	4,000.8	6.57%	23.62%
14	16,940	1,221.0	4,360.6	7.21%	25.74%
15	16,940	1,330.8	4,726.0	7.86%	27.90%
16	16,940	1,442.5	5,097.1	8.52%	30.09%
17	16,940	1,556.0	5,473.8	9.19%	32.31%
18	16,940	1,671.4	5,856.2	9.87%	34.57%
19	16,940	1,788.7	6,244.3	10.56%	36.86%
20	16,940	1,907.9	6,638.1	11.26%	39.19%
21	16,940	2,028.9	7,037.7	11.98%	41.55%
22	16,940	2,151.8	7,443.2	12.70%	43.94%
23	16,940	2,276.6	7,854.6	13.44%	46.37%
24	16,940	2,403.4	8,271.9	14.19%	48.83%
25	16,940	2,532.0	8,695.3	14.95%	51.33%
26	16,940	2,662.6	9,124.8	15.72%	53.87%
27	16,940	2,795.1	9,560.4	16.50%	56.44%
28	16,940	2,929.6	10,002.3	17.29%	59.05%
29	16,940	3,066.1	10,450.5	18.10%	61.69%
30	16,940	3,204.7	10,905.0	18.92%	64.37%
31	16,940	3,345.2	11,366.1	19.75%	67.10%
32	16,940	3,487.8	11,833.6	20.59%	69.86%
33	16,940	3,632.5	12,307.8	21.44%	72.66%
34	16,940	3,779.3	12,788.7	22.31%	75.49%
35	16,940	3,928.2	13,276.4	23.19%	78.37%
36	16,940	4,079.2	13,770.9	24.08%	81.29%
37	16,940	4,232.5	14,272.5	24.99%	84.25%
38	16,940	4,387.9	14,781.1	25.90%	87.26%
39	16,940	4,545.6	15,296.8	26.83%	90.30%
40	16,940	4,705.5	15,819.8	27.78%	93.39%

일반복층유리창을 적용한 가상모델건물을 기준으로 공기주입 삼복층유리를 적용하였을 경우와 크세논주입 삼복층유리창을 적용하였을 경우에

연가 절감율을 1년부터 40년까지 누계해 본 결과, 수명기간 40년 동안에 절감되는 연가(현가)는 공기주입 삼복층의 경우 가상모델건물 건립비의 27.78%가 절감되었으며, 크세논 주입의 경우 93.39%의 절감액이 추산되었다. 이는 크세논주입 삼복층유리를 적용할 경우 40년 이후의 LCC 저감 누계액은 건물 전체의 초기건립비용과 비슷하다는 것을 나타내고 있다.

이러한 운영비 저감 효과는 크세논주입 삼복층유리창의 열전달율이 아주 낮음에 기인하는데 향후 실제 건물에 충분히 적용해볼 만한 것으로 분석되었다.

표 3.9은 일반 복층유리 적용 가상모델 건물 대비 공기주입 삼복층유리창 및 크세논주입 삼복층유리창을 적용한 가상모델 건물의 운영비(현가) 저감 누계금액을 수명주기 10년 단위로 나타내고 있다. 그림 3.8은 수명기간 40년 동안 저감 누계금액의 수명연수별 변화추이를 나타내고 있다.

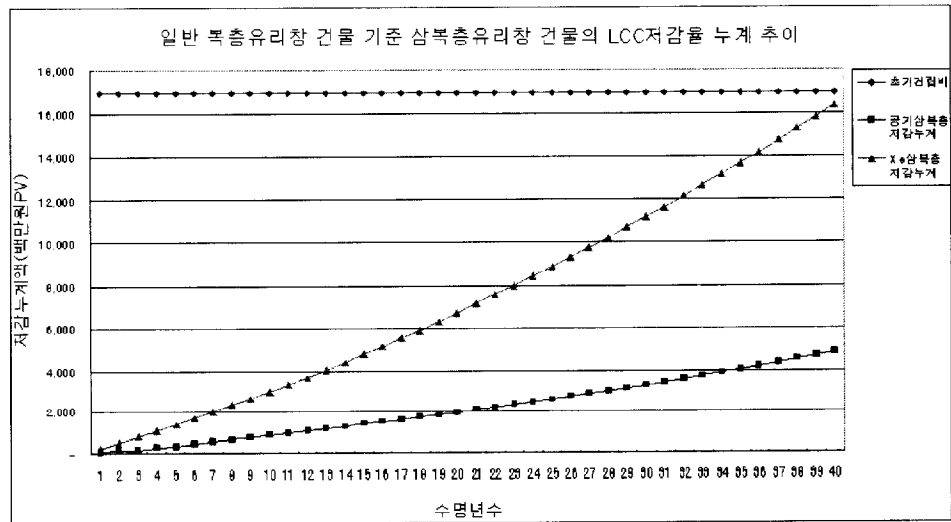


그림 3.8 삼복층유리창 채택건물의 LCC저감 누계

4. 결론

삼복층유리창의 적용 시 얻을 수 있는 경제적 가치를 파악해봄으로서
이의 적용 가능성 판단에 기여하고자, 가상모델 건물에 일반 복층유리창
및 공기주입 삼복층유리창과 크세논주입 삼복층유리창을 적용하였을 시
나타나는 40년 수명기간 동안의 LCC를 비교분석한 본 연구의 결론은 다
음과 같다.

1) LCC분석결과 일반복층유리창에 비하여 공기주입 삼복층유리창을 적
용한 가상모델건물의 초기투자비 증가율은 0.41%, 크세논 주입은 0.63%으
로 나타났다. 반면 수명연수 40년 시의 운영비는 공기주입 삼복층유리창
은 4.69%, 크세논주입 삼복층유리창은 15.26%의 저감율을 나타내었다. 이
로서 공기주입 삼복층유리창의 적용보다는 크세논주입 삼복층유리창의 적
용이 LCC 측면에서 상당히 유리하다는 것을 알 수 있었다.

2) 크세논주입 삼복층유리창을 적용하였을 경우 LCC저감액의 누계는
건물의 초기건설비를 기준하여 수명기간 40년 시에 93.39%로 나타났으므
로, 실제건물에 적용할 시에 대폭적인 운영비 저감효과가 있을 것으로 판
단된다.

향후 다양한 실존모델건물 설정 및 크세논주입 삼복층유리창의 열관류
율 실험치 확보를 통한 보다 실제에 가까운 LCC분석연구가 필요할 것으
로 보이며, 보다 오차가 낮은 시각별 에너지시뮬레이션에 의한 후속연구
가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 정근주, 김동완, 임영빈, 「확장도일법과 정부간기후변화패널 기준에 의한 그린빌딩 평가용 에너지 및 공해 기간부하 추정도구 구축에 관한 연구」, 대한건축학회 춘계학술발표대회 제24권 제1호, 2004년 04월
2. 이승복, 「LCC분석에 의한 시설물 관리의 최적화 방안, 한국퍼실리티 매니지먼트학회지」, 제2권 1호, 2000년 01월
3. 박미정, 황인호, 허정호, 손장열, 「초고층 건물 유리창의 에너지성능에 관한 연구」, 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 제19권 제1호, 1999년
4. 조규수, 「주거건물의 쾌적도 향상을 위한 커튼월 제안」, 월간건축, 2003년 09월
5. 현창택, 「건설산업에서 Life Cycle Cost 를 고려한 원가절감 방법론의 개발에 관한 연구」, 대한건축학회논문집 제8권 9호 1992년 09월
6. 한글라스. www.hanglas.co.kr
7. 한국전력공사 전기요금표 <http://www.kepco.co.kr>
8. 금강고려화학. www.kccworld.co.kr
9. 기술표준원. <http://www.standard.go.kr>
10. 에너지 경제 연구원. <http://www.keei.re.kr>
11. 한국도시가스협회 <http://www.citygas.or.kr>
12. Yahoo, Visited 2004. Oct. 10th., http://europa.eu.int/comm/energy_transport/atlas
13. Yahoo, Visited 2004. Nov. 2th., <http://www.enerocity.com>
14. Karsten Voss, Transparent Insulation in Building Renovation German Contribution to IEA-SHCP Task 20, EuroSun'96, 1996 <http://www.iris.ba.cnr.it>

A Study on the LCC analysis for the Triple Glass Window applied on the supposed model building

by Ji-Ho Choi

*Department of Architectural Engineering, Graduate School
Pukyong National University*

Abstract

The purpose of this study was Life Cycle Cost analysis for the triple glass window applied on the supposed model building.

The triple glass window filled in dry air was low thermal transmittance is $1.89(\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C})$, and Low-e xenon was so low thermal transmittance is $0.34(\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C})$.

Then the building will be a low running cost consumption at operation phase. As well as LCC applied 6.00% interest, 3.66% prices escalation ratio, 7.5% energy prices escalation ratio.

The dry air filled triple glass window applied supposed model building's 40th years LCC was 4.13% it's less than the pair glass window an applied traditional building. And xenon filled Low-e triple glass window applied supposed model building's 40th years LCC was 13.52% it's less than the pair glass window applied on traditional building.

However xenon filled Low-e triple glass window applied supposed model buildings, Initial Cost was 0.63% it's more than the pair glass applied on traditional building.

감사의 글

먼저 본 논문이 나오기까지 부족한 저에게 아낌없는 열의와 성의를 다해 지도해 주신 임영빈 지도 교수님께 진심으로 감사를 드립니다.

이 논문이 완성되기까지 부족한 점을 보완해 주시고 더욱더 좋은 논문이 나올 수 있도록 아낌없이 지도 심사해 주신 박천석 교수님과 이재용 교수님께 감사 드리며, 또한 지금에 제가 있기까지 격려와 지도해 주신 이수용 교수님, 김영찬 교수님, 조홍정 교수님, 류종우 교수님, 김기환 교수님, 조영행 교수님, 오장환 교수님, 홍성민 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

이 논문이 완성되기까지 물심양면으로 도와주신 건축환경설비연구실 박사과정 정근주 선배님과, 말 없이 묵묵히 지켜봐 주신 김동완 박사님께도 감사를 드립니다. 또한 건축환경설비연구실에 있는 서민호, 최성우에게 지면을 통하여 고맙다는 인사를 드립니다. 또한 같은실 동기로서 서로 의지하면서 같이 동고동락한 허은진에게 진심으로 고맙다는 인사를 드립니다. 또한 저에게 대학원의 길을 열어 주신 조성우 박사님께도 정말 감사를 드립니다. 끝으로 경한 선배, 영규 선배, 영준 선배, 삼석 선배, 순환 선배에게 감사합니다.

또한 이 논문을 무사히 끝낼 수 있도록 뒷바라지 해 주신 부모님과 가족 그리고 저를 믿고 끝까지 기다려 준 재희에게 정말 감사를 드립니다.

끝으로 친구들과 형, 누나, 동생들에게 진심으로 감사를 드리며 이 논문을 저를 아는 모든 분들에 바칩니다.

2005년 1월

최 지 호