

국내 공동주택 건물에 적용된 열교차단재의 경제성 분석

Analyzing the economic feasibility of thermal breaks applied to South Korean multi-residential buildings

○김 현 수*

Kim, Hyeonsoo

Abstract

The purpose of this paper is to analyze the economic feasibility of applying thermal breaks to a typical multi-residential building located in Seoul, South Korea. Specifically, by using the TRNSYS dynamic simulation tool, this study compared the building energy demand and annual operation cost of a 20-story apartment building with and without the installation of thermal breaks. The results show that 16.07% of annual heating and cooling operation costs can be saved by installing thermal breaks. However, the discounted payback period for thermal breaks were found to be 19.545 years, due to their high investment costs. Therefore, building engineers will have to constantly make efforts to ensure the technological improvements and dropping costs of building thermal breaks in the future.

키워드 : 열교차단재, 건물에너지수요, 연간전력요금, 초기투자비용, 할인회수기간

Keywords : Thermal break, Building energy demand, Annual operation costs, Investment costs, discounted payback period

1. 서 론

1.1 연구의 목적

서울시 건물 부문에서의 에너지수요는 총 에너지사용의 60%에 해당하며, 시간이 지남에 따라 그 비율이 꾸준히 상승하여 건물에서의 에너지 절감에 대한 관심과 노력이 크게 요구되고 있는 실정이다 [1]. 따라서, 본 연구에서는 건물에너지 수요 절감에 매우 효과적인 방안이라 할 수 있는 건물 외벽 열교 부위의 열관류율(U-value) 값을 변경함으로써 본 사회적 문제에 대응하고자 한다 [2].

구체적으로, 본 연구에서는 서울시 아파트 건물을 중심으로 열교차단재의 유무에 따른 건물에너지수요 및 연간 총 전력요금의 절감효과를 분석함으로써 공동주택 건물에서의 열교차단재 사용에 대한 경제성 분석을 진행하였다. 본 논문에서 열교차단재의 경제성을 평가하는 지표는 제품의 물가상승률을 고려한 할인회수기간 (DPP; discounted payback period)의 형태로 제시한다.

2. 연구방법

2.1 시뮬레이션 개요

본 연구에서는 서울시 양천구에 위치한 일반적인 공동주택(아파트) 건물을 대상으로 TRNSYS 시뮬레이션을 활용

한 동적해석을 실시하여 열교차단재의 유무에 따른 건물 에너지수요 데이터를 수집하였다. 아래의 표는 해당 연구 대상건물에 대한 개요를 나타낸다 <표1>. 본 논문에서는 열교차단재 이외의 모든 패시브 디자인 요소들은 고정된 값을 가진다. 따라서, TRNSYS 시뮬레이션을 통한 에너지수요 결과는 온전히 열교차단재의 설치 유무에 따른 비교 분석이라 할 수 있다.

표1. 공동주택 대상건물 개요

| 설정 항목 | 개 요 |
|-------------------|------------------------|
| 건축/연면적 | 3,472㎡ |
| 건물 용도 | 공동주택 (아파트) |
| 건물 층수 | 지상 20층 |
| 단위 세대수 | 40세대 |
| U-value (열교차단재 X) | 0.350W/㎡K |
| U-value (열교차단재 O) | 0.235W/㎡K |
| 창면적비 | 남(30%), 북(15%), 동서(0%) |
| 침기횟수 | 0.15ACH |
| 환기횟수 | 32㎡/시간당 1인 |
| HVAC 시스템 | 공기열원히트펌프(ASHP) |
| 냉/난방 설정 온도 | 26℃ / 20℃ |

2.2 열교차단재의 경제성 분석

본 논문에서 열교차단재의 경제성은 할인회수기간을 기준으로 평가한다. 할인회수기간은 기본적으로 시간에 따른 물가상승률을 고려한 실용적인 경제성 지표로서 투자비용 대비 연간 현금흐름을 비교하여 초기 투자 지출액에 대한 현금 회수 기간을 계산하는 것이다 [3]. 구체적으로, 초기 투자비용은 열교차단재의 재료비, 인건비 및 설치비용을 합산한 금액이다. 본 연구에서 주기적 현금흐름은 열교차단재의 사용으로 인해 절약한 연간 총 냉난방 전력요금을

* 한국건설기술연구원 박사후연구원, 공학박사
(Corresponding author : Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT), hyeonsoo@kict.re.kr)
본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(RS-2021-KA163230, 주택성능 표준실험절차 개발)

일컫는다. 마지막으로 할인율은 미래의 가치를 현재의 가치와 동일하게 하는 비율로써 해당 분석 내용에서는 열교차단재의 물가상승률과 유사한 개념이라 할 수 있다. 통계청에서 발표한 2023년도 12월 물가상승률은 3.2%이며, 본 논문에서는 할인율을 고정된 값으로 설정하였다 [4].

$$DPP = \ln\left(\frac{1}{1 - \frac{Q_1 \times r}{CF}}\right) \div \ln(1 + r) \quad (\text{식 1})$$

DPP = 할인회수기간(년)

Q_1 = 초기투자비용(원)

CF = 주기적 현금흐름(원)

r = 할인율(%)

3. 시뮬레이션 결과

3.1 열교차단재 유무에 따른 건물운영요금

아래의 <표2>와 <그림1>은 본 공동주택 대상건물에 대하여 열교차단재의 설치 유무에 따른 연간 냉난방 및 총 전력요금을 비교한 것이다. 분석 결과에 따르면 열교차단재를 설치할 경우, 연간 총 난방비용을 60.76% 절감할 수 있는 것으로 나타난다. 반면, 열교차단재의 설치로 인한 실내 축열이 다소 발생하므로 난방비용은 오히려 16.05% 증가하는 것으로 나타난다. 결과적으로 열교차단재를 설치함으로써 절약할 수 있는 난방에너지 전력요금이 난방에너지의 비용 증가분보다 효과가 높아 연간 총 건물에너지 운영비용은 약 16.07% 감소하는 것으로 나타난다.

표2. 열교차단재 유무에 따른 전력요금 비교

| | 열교차단재(X) | 열교차단재(O) | 절감률(%) |
|---------|------------|------------|--------|
| 난방비(원) | 12,044,553 | 4,725,764 | 60.76 |
| 냉방비(원) | 16,763,800 | 19,453,588 | -16.05 |
| 총 요금(원) | 28,808,353 | 24,179,352 | 16.07 |



그림1. 열교차단재 유무에 따른 연간 냉난방 전력요금

3.2 열교차단재의 할인회수기간

열교차단재의 할인회수기간을 계산하기 위해서는 제품의 전체 초기투자비용, 제품 사용으로 인한 연간 전력요금의 총 절감 금액 및 연평균 할인율을 알아야 한다. 아래의

표는 열교차단재의 할인회수기간 계산과정에 필요한 세부 정보들을 정리한 것이다 <표3>. 본 연구의 결과에 따르면 열교차단재의 단가는 설치비 및 재료비를 포함한 350,000원이고, 공동주택 건물에 필요한 부품의 수량은 190개로써 초기투자비용의 총액은 66,500,000원인 것으로 나타난다. 반면, 앞서 계산된 결과에 의하면 열교차단재 설치로 인한 연간 전력요금 절감액은 4,629,001원이다. 따라서, 연평균 할인율 3.20%까지 감안할 때 본 연구 대상건물에 적용된 열교차단재의 할인회수기간은 약 19.545년이다. 본 결과에 의하면 열교차단재의 사용이 아직까지는 경제적으로 큰 이득을 가져오지 않는다는 결론에 도달한다.

표3. 열교차단재의 할인회수기간(년)

| 항 목 | 결과값 |
|-----------------|---------------|
| 열교차단재 (설치비 단가) | 100,000(원) |
| 열교차단재 (재료비 단가) | 250,000(원) |
| 열교차단재 (투자비용 단가) | 350,000(원) |
| 열교차단재 필요 수량 | 190(EA) |
| 열교차단재 총액 | 66,500,000(원) |
| 열교차단재 설치 전 요금 | 28,808,353(원) |
| 열교차단재 설치 후 요금 | 24,179,352(원) |
| 전력요금 총 절감액 | 4,629,001(원) |
| 할인율 | 3.20(%) |
| 할인회수기간 | 19.545(년) |

4. 결 론

본 연구에서는 서울시에 위치한 전형적인 공동주택건물을 대상으로 선정하여 대표적인 외피 단열시스템인 열교차단재의 설치 유무에 따른 건물에너지수요 및 전력요금 절감 효과를 분석하였다. 구체적으로, 본 연구에서는 열교차단재의 초기투자비용, 전력요금 절감액 및 제품의 할인율 등을 고려하여 열교차단재의 할인회수기간을 계산하는 실용성 높은 경제성 분석을 수행하였다. 그러나, 결과에 의하면 열교차단재의 투자회수기간은 19.545년으로 다소 경제성이 높지 않은 것으로 나타났다. 그러므로 향후에는 열교차단재의 상용화에 따른 투자비용 절감 및 기술 성능 향상에 관심을 기울여 건물 부문에서의 에너지절감 문제에 효율적으로 대처해야 할 것이다.

참고문헌

1. 서울시정개발연구원, 서울시 주거용건물의 에너지소비량 추정모델, 2012.
2. 최기원, 외. 공공청사의 벽체 단열 개선을 통한 에너지 성능 예측, 대한건축학회 2016 추계학술발표대회논문집 36(2), 2016.
3. Kim, H., & Junghans, L. (2023). Economic feasibility of achieving NZEB by applying solar and geothermal energy sources to heat pump systems: a case in the United States residential sector. Journal of Cleaner Production, Volume 416, 137822. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137822>
4. <https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=7853778>