

중소규모 사무소건물의 에너지 개보수 방안 및 평가

정 영 선[†], 허 정 호^{*}, 방 기 영^{**}

서울시립대학교 대학원, ^{*}서울시립대학교 건축·도시·조경학부, ^{**}(주)삼성에버랜드 빌딩과학연구소

Energy Retrofit and Estimate for Small-to-Medium Office Buildings

Young-Sun Jeong[†], Jung-Ho Huh^{*}, Ki-Young Bang^{**}

Graduate School of Department of Architectural Engineering, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

^{*}Faculty of Architecture, Urban Planning and Landscape Architecture, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

^{**}Research & Development Center, Samsung Everland INC., Seoul 100-191, Korea

(Received July 6, 2000; revision received January 5, 2001)

ABSTRACT: This paper is to derive energy retrofit strategies through energy audit and analysis for a selected small-to-medium office building located in Seoul, Korea. To activate ESCO business in Korea, our final goal is to develop a simple and adequate energy retrofit procedure through computer simulation. Calibration process was fairly successful even without the aid of tough field measurement. In terms of annual energy consumption, the percent difference between the predicted and the monitored values were within a reasonable tolerance of $\pm 10\%$. Based on the calibrated baseline model and the systematic investigation of target building, retrofit measures were suggested with two categories such as architectural side and equipment side. Both selected parametric and interactive retrofit measure simulations resulted in various energy saving quantities and cost, thus the priority among the measures were made. If we were to select the more realistic and reasonable retrofit measure in future, economic estimate were should be practiced with the life cycle cost analysis.

Key words: Energy audit(에너지 성능조사), Energy retrofit(에너지 개보수), Baseline model(기준모델), Simulation(시뮬레이션), Economic estimate(경제성 평가), Life cycle cost(수명주기비용)

1. 서 론

현재 우리 나라의 경우 주거용 및 비주거용(업무용, 상업용 등) 건물에서 소비되는 에너지소비량이 1996년을 기준으로 했을 때 연간 4,650만 TOE 정도로 국내의 전체 에너지소비량의 28.7% 이상을 차지하고 있으며 전력량만을 기준으로 볼 때 40% 이상 큰 비중을 차지한다. 건물의 수명

주기 동안의 비용분석 결과를 보면 운영관리비용이 건물의 건설비용의 약 5배에 달하며 운영관리비용 중 에너지 비용이 차지하는 비중은 약 40%에 달하고 있다.⁽¹⁾ 따라서 신축건물뿐만 아니라 이미 시공되어 사용되고 있는 건물의 에너지 절감을 위한 개선방안의 도입은 중요하다고 할 수 있다.

그러나 건물의 개보수를 수행하기 위해서는 개보수 방안 도입에 따른 에너지 절감효과를 정량적으로 예측할 수 있어야 하며 이에 따라 건물에 적절한 개보수 방안을 선정함으로써 건물의 에너지 성능 향상을 위한 개보수가 이루어질 수 있다.

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-2210-2928; fax: +82-2-2248-0382

E-mail address: sunj74@sbsmail.net

본 연구에서는 상대적으로 에너지 성능이 낮지만 개보수 방안의 가능성이 큰 중소규모 건물을 대상으로 하여, 에너지소비량을 효과적으로 절감할 수 있는 개별적인 개보수 방안을 건물의 특성에 따라 도출하고 이에 따른 에너지 절약 가능성을 제시하고자 한다. 또한 단지 개별적인 개보수 방안에 대한 평가뿐만 아니라 동시에 실행 가능한 개보수 방안을 함께 적용함으로써 대상건물에서 얻을 수 있는 최대의 에너지 절약 가능성을 예측하고자 한다.

건물 에너지 해석 프로그램을 사용하여 대상건물의 1996년 실제 에너지 사용량과 1996년 서울 지역 기상 데이터를 적용한 시뮬레이션 결과를 비교 분석함으로써 개보수 방안 시뮬레이션을 위한 기준모델을 작성하였다.

현장조사 및 에너지 사용량 조사, 시뮬레이션 예측결과 등을 통해 건물에 적용 가능한 개보수 방안을 크게 건축부문과 시스템부문으로 나누어 도출하였다.

허용오차 내로 타당성이 검증된 시뮬레이션 기준모델에 이미 도출한 에너지 개보수 방안을 적

용하고 그 방안에 따른 절감량과 절감액을 예측하였다.

2. 대상건물 및 실제 에너지사용량 분석

2.1 대상건물

건물 에너지 개보수 대상건물은 서울시 을지로에 위치한 지상 11층 지하 2층 규모의 중소규모 사무소 건물로 1965년 12월에 완공된 H건물이다. 대상건물의 상세한 개요는 Table 1과 같다.

대상건물을 시공할 당시 국내 건설시장의 건설생산기술은 초보단계에 있었고, 그후 건축 및 설비 시스템에 대한 개보수가 있어 왔으나 건물 상황에 맞는 적절한 개보수가 수행되지 않았다. 이 때문에 재실자의 요구를 적절히 반영하지 못하고 있으며 불필요한 에너지의 사용이 많은 것으로 파악되어 에너지 개보수의 필요성이 요구된다.

열원설비로는 보일러, 냉동기, 빙축열 시스템, 냉각탑이 설치되어 있고 보일러의 에너지원은 도시가스이며 냉동기와 빙축열 시스템은 전기를 사

Table 1 Building summary

Item		Description
Area	Site Area	1,206.29 m ²
	Building Area	1,008.27 m ²
	Gross Floor Area	12,805.35 m ²
Building	Type	Office Building
	Construction Type	Rein Forced Concrete
	Exterior Finish	Granite (1.5 cm), Tile, 6 mm Single Clear Glass
	Floor Service Type	B2: plant, engineering room B1: restaurant, office F1: lobby, bank, office F2-11: office
Orientation		South

Table 2 Specification of primary system

Boiler	Type	Number of installation	Total heat generation [kcal/hr]	Area of heat transfer
	steam	2	965,550	9.99 [m ²]
Chiller	Type	Number of installation	Refrigeration capacity	C.W. ewt/lwt
	reciprocating	2	112 RT	12/7°C
Ice-storage System	Type	operating time [start/end]	Percent stored	Max. temp of ice-water
	Ice on Coil	8 p.m./5 a.m.	100%	-4.4°C
Cooling Tower	Type	Number of installation	Control	Setpoint Temp.
	Open	1	one-speed fan	27°C

용한다. 빙축열 시스템의 냉방운전방식은 냉동기 사용을 보완하여 에너지를 절약하고자 하는 빙축열 우선 제어방식을 사용한다. 대상건물의 열원 시스템은 Table 2와 같다.

건물의 냉난방을 위한 공조 시스템은 외주부에 위치한 팬코일 유닛(Fan Coil Unit) 방식이며 부족한 환기량을 향상시키기 위해 정풍량 시스템(Constant Air Volume System)으로 환기만을 공급한다. 배기는 각 층의 천장 플레넘을 통해 이루어진다.

건물의 실제 운전 및 제어에 적용된 조건을 시뮬레이션에 적용하게 되는데 하절기의 냉방은 23℃ 동절기의 난방은 24℃로 설정되며 실내의 설정습도 역시 냉방기간과 난방기간으로 각각 구분하여 60%와 40%로 운전된다.

주요 발열요인으로는 재실자, 조명기기, OA기기 사용이 있으며 현장조사 및 건물관리자와의 인터뷰, 관리기록에 의해 각 층 당 재실자(약 80인)와 조명기기 밀도를 산정하였다. 발열량의 정확한 파악이 어려운 OA기기 사용에 대한 기기 밀도는 16.0 W/m²으로 가정하였다.⁽²⁾

시스템의 운전시간은 건물 대부분이 임대사무실로 사용되고 있어 재실시간인 평일 09:00에서 18:00, 토요일 09:00에서 13:00에 따라 운전된다. 따라서 시스템 운전시간을 반영하여 재실, 실내 발열, 침기, 온수사용 등의 스케줄을 작성하고 에너지 해석 시뮬레이션에 적용하였다.

2.2 대상건물의 실제 에너지사용량 분석

건물에서 소비된 에너지사용량을 3~5년 정도에 걸쳐 분석함으로써 설계도서 및 현장조사에 의한 건물 에너지 데이터의 수집·분석과 함께

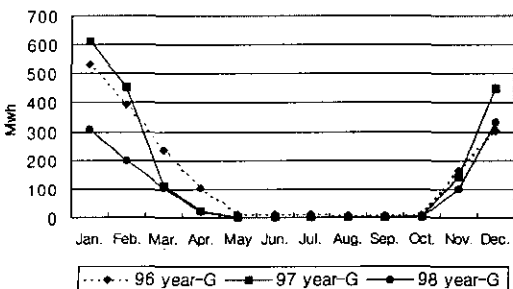


Fig. 1 Monthly gas energy consumption.

건물의 에너지 성능에 대한 전반적인 이해와 에너지 개보수의 개략적인 가능성을 찾아낼 수 있다. 또한 1년에 걸친 건물의 에너지사용 특성을 이해하고 시뮬레이션에 의한 예측결과를 분석하고 검증하는 데 기초가 된다.

본 연구에서는 대상건물의 최소 3년간(1996~1998) 연중 에너지사용량을 수집 및 분석하고 서로 비교함으로써 에너지 소비패턴을 살펴보았다. Fig. 1과 Fig. 2는 에너지원인 gas와 전기로 구분하여 MWh 단위로 환산하여 나타낸 것이다.

96년과 97년에 비해 98년의 전기사용량과 가스 사용량이 현저히 낮음을 볼 수 있다. 이는 건물의 용도가 임대에 의한 사무실이기 때문에 98년에 임대가 이루어지지 못한 빈 사무실의 증가로 인해 전반적인 전기에너지 소비 감소를 가져왔다. 에너지사용량이 전반적으로 비슷한 96년과 97년도를 보면 전기는 냉방 에너지사용이 많이 요구되는 하절기에서, 가스는 난방 에너지사용이 많은 동절기에서 다른 시즌보다 에너지사용량 비교에 상대적으로 큰 차이를 보여준다. 이러한 차이는 난방과 냉방 에너지의 소비가 외기의 온도 변화에 영향을 많이 받으며 임대사무실의 공실률 및 사용형태에 따라 에너지사용 요구에 차이를 보이기 때문인 것으로 분석된다.

기존 다른 건물들과의 에너지소비 정도를 비교하기 위해 에너지 원단위를 살펴보면, 대상건물의 96년 에너지 원단위는 637.04 [Mcal/m²년]이었고 97년은 632.15 [Mcal/m²년], 98년은 342.28 [Mcal/m²년]이다. 96년과 97년의 수치는 에너지경제연구원의 1996년 에너지 총 조사보고서에 따른 업무용 건물의 에너지소비량 평균인 412.2 [Mcal/m²년]보다 약 1.5배 이상이 된다. 이는 건물에 불필요한 에너지소비가 매우 많음을 나타내

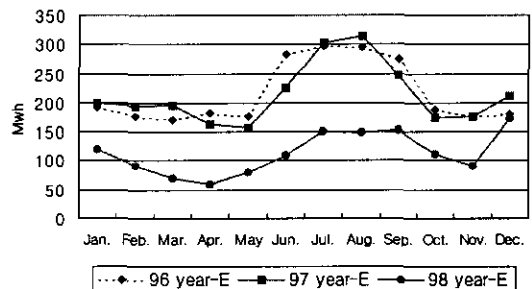


Fig. 2 Monthly electrical energy consumption.

며 에너지 개보수의 가능성을 시사하고 있다고 볼 수 있다.

3. 시뮬레이션에 의한 에너지사용량 예측

3.1 기준모델의 작성

대상건물의 시공도서 및 현장조사, 건물 관리자와의 면담을 통해 얻어진 결과를 중심으로 DOE 2.1E를 계산 엔진으로 하는 Visual DOE 2.61 건물 에너지 해석 프로그램을 사용하여 건물 에너지사용량 예측 및 평가를 위한 기준모델을 작성하였다.

건물 외피재료의 열적 특성을 반영하기 위해 DOE 프로그램의 자체 라이브러리와 ASHRAE 및 건축재료에 관한 참고도서 데이터를 사용하여 입력 파일을 작성하였고 건물의 기하학적 형상 및 위치와 치수에 대한 정확한 입력을 위해 BDL processor 프로그램을 사용하였다. 또한 시스템, 플랜트 부분은 대상건물의 실제 적용상태를 최대한 정확하게 입력하기 위해 간단한 현장측정 및 시스템 운전자와의 인터뷰에 의한 데이터를 반영하였다. 특히, 냉동기의 경우 기존의 라이브러리에 적절한 모델이 없는 관계로 제조사의 성능 카타로그를 참조하여 성능곡선을 작성하였다.

재실, 내부 발열요소 및 온수사용 등에 대한 스케줄은 건물조사 결과와 관리자, 기록자료를 통해 조사된 결과를 바탕으로 작성하였다.

3.2 기준모델의 타당성 검증

기준모델의 타당성을 검증하기 위해서 대상건물의 공실률이 적고 에너지사용 및 관리상태가 양호했던 1996년을 대상으로 하였다. 기상데이터는 기상청의 1996년 로우데이터를 DOE 2 포맷으로 가공하여 시뮬레이션에 이용하였다. 실제 건물을 모델링한 시뮬레이션 모델이 실제 건물상황에 얼마나 적합한가를 보여주기 위해 1996년 기상데이터를 사용한 시뮬레이션 결과와 실제 사용량을 비교하여 그 오차가 허용범위(±10%) 내에 있으며 월별 에너지사용 특성도 유사함을 확인해야 한다.

3.2.1 연간 에너지사용량

실제 대상건물의 96년 에너지사용량과 기준모

델의 에너지사용량을 에너지 원별로 살펴보면, 가스의 경우 실제 에너지사용량이 1791.5 MWh인데 비해 기준모델은 1788 MWh로 나타나 약 0.2%의 오차를 보였다. 전기의 경우 실제 에너지사용량이 2416 MWh인 데 비해 기준모델은 실제 사용량보다 168 MWh 적은 2248 MWh로 약 6.95%의 오차를 보인다.

대상건물의 실제 96년 에너지사용에 따른 비용은 가스가 3,680만 원, 전기가 17,750만 원이었다. 기준모델의 에너지사용 예측비용은 가스가 4,000만 원, 전기가 17,540만 원으로 나타나 비용측면에서도 기준모델의 타당성을 검증할 수 있었다.

3.2.2 월별 에너지사용량 비교

월별 에너지사용량을 비교해 봄으로써 타당성을 더 정확하게 살펴볼 수 있다. Fig. 3과 Fig. 4는 월별 전기와 가스사용량을 비교한 것이다.

전기사용량의 경우 전기사용량이 많은 6, 7, 8월의 오차가 약 18.5% 정도로 크게 나타났다. 이는 에너지사용량 예측을 위한 시뮬레이션을 하였을

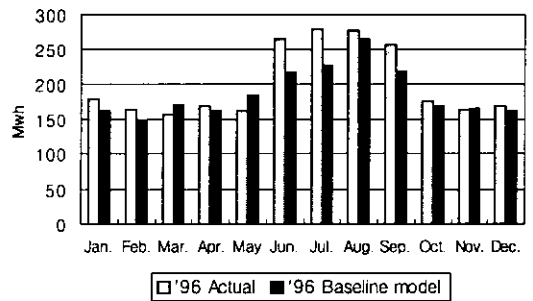


Fig. 3 Comparison of '96 actual and model monthly electricity use profile.

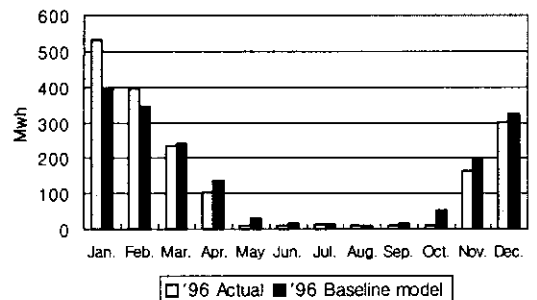


Fig. 4 Comparison of '96 actual and model monthly gas use profile.

경우 공조설비 및 열원설비의 특성 및 운영상의 특성을 반영하는 데 한계가 있으며 그 당시의 시스템 운영상태 및 조건을 반영하는 데 한계가 있어 불가피한 것으로 판단된다.

그러나 전체 오차가 6.95%로 양호하며 월별 전기사용량 패턴도 거의 유사하게 나타나고 있음을 볼 수 있다.

가스사용량은 중간기의 사용량 비교에서 오차가 크게 나타났다. 그러나 사용량이 많은 동절기에는 그 오차가 상대적으로 작아 전체 오차는 약 0.2%로 낮게 나타나며 월별 사용량 패턴도 유사하게 나타나고 있다.

작성된 기준모델의 시뮬레이션 결과와 실제 사용량을 비교하여 본 결과 5% 내외의 상당히 근접한 오차를 가지며 유사한 월별 사용 특성을 보인다고 할 수 있다. 따라서 개보수 방안 적용을 위한 기준모델로 적합하다고 판단된다.

3.3 기준모델의 연간 에너지사용량 예측

기준모델의 에너지사용 특성 및 연간 에너지사용량을 분석함으로써 최대 부하요소 및 에너지사용 요소의 파악에 의해 개보수 가능성이 있는 부분의 선정이 용이하다. 기준모델에 적용된 기상

데이터는 장래의 기상상태를 알 수 없으므로 장기간의 기상데이터를 통계 처리한 공조학회 서울지방 기상데이터를 프로그램에 맞게 파일로 가공하여 사용하였다.

3.3.1 최대 냉방 및 난방부하 요소

Fig. 5 건물의 최대 냉방부하 요소의 구성비율을 나타내며 Fig. 6은 최대 난방부하의 구성비율을 나타낸다.

건물의 최대 냉방부하는 8월 18일 오후 4시에 958.6 KW로 나타났다. 부하요소의 구성을 보면 침기에 의한 부하가 33%로 가장 크며 내부발생 냉방부하가 36%로 나타났다. 일사와 창의 전도에 의한 부하는 17%로 나타났고 벽을 통한 전도가 4%를 차지했다. 따라서 침기와 창 및 벽에 의해 최대 냉방부하가 크게 영향을 받고 있음을 알 수 있고 에너지절감을 위해 이 부분의 부하절감이 요구되는 것으로 판단된다.

건물의 최대 난방부하는 3월 4일 오전 9시에 699.9 KW인 것으로 나타났다. 난방부하 요소의 구성을 보면 역시 침기가 52%로 가장 크게 나타났고 창의 전도에 의한 부하가 29%, 벽을 통한 전도에 의한 부하가 19%를 차지하는 것을 알 수 있다. 따라서 난방부하의 절감을 위해서 냉방부하와 동일하게 침기와 창 및 벽의 개보수가 필요하다 할 수 있다. 그러나 기기사용, 조명, 재실자에 의해 난방부하의 경감효과가 나타났다.

3.3.2 연간 에너지사용량 예측

건물에서 에너지를 소비하는 요소들의 연간 에너지사용량을 살펴보면 전기의 경우 조명과 기기사용이 각 23%, 19%를 차지했고 냉방이 22%, 난방이 4%로 냉난방에 의한 전기사용이 크게 차지했다. 연간 총 전기사용량은 2206.2 MWh로 나타났다.

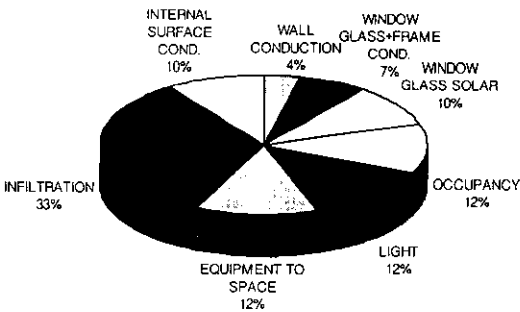


Fig. 5 Peak cooling load components.

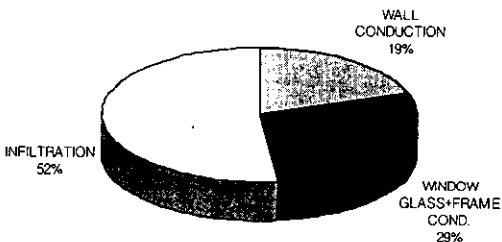


Fig. 6 Peak heating load components.

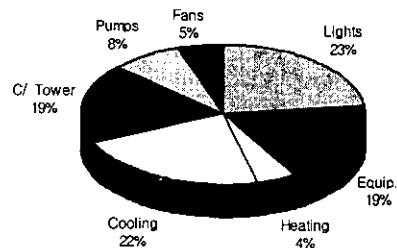


Fig. 7 Electrical end-use components.

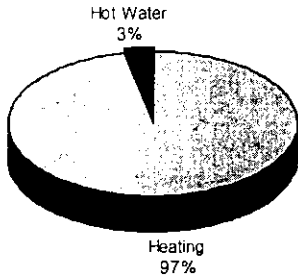


Fig. 8 Gas end-use components.

가스의 경우 난방이 97%로 가스사용의 대부분을 차지했고 온수에 의해 3%가 사용되는 것으로 나타났다. 연간 총 가스사용량은 1842 MWh로 파악

약되었다.

Fig. 7과 Fig. 8은 전기와 가스의 사용 요소별 비율을 나타낸 것이다.

4. 에너지 개보수 방안

대상건물의 에너지 성능조사를 실시하여 건물의 현상태, 운영 및 관리, 냉난방 부하 요인, 건물의 에너지사용량에 대한 비교분석 등의 결과를 통해 에너지절약이 가능한 개보수 방안을 선정하였다. Fig. 9는 개보수 방안의 선정을 위해 수행한 건물 에너지 성능분석 내용과 단계를 나타내는 다이어그램이다.

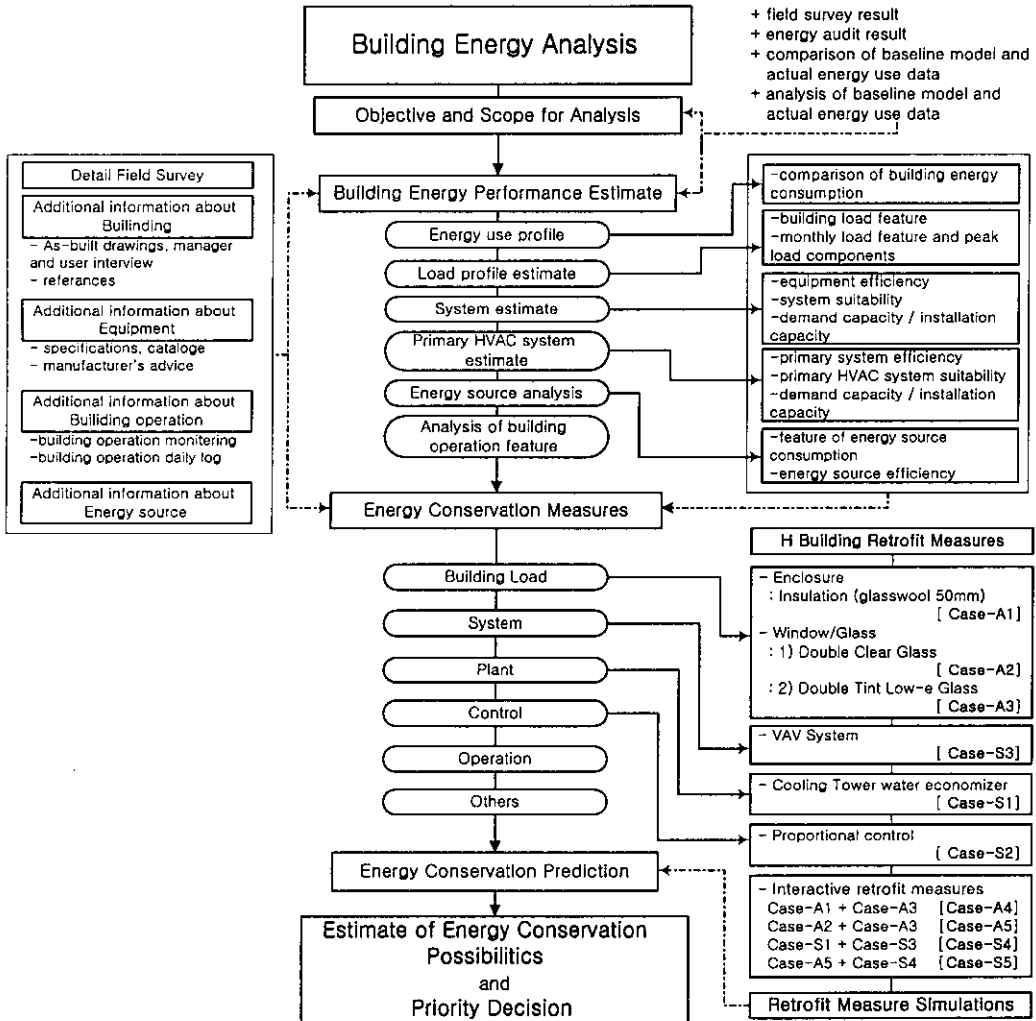


Fig. 9 Diagram for energy analysis process and energy retrofit measures selection.

4.1 건축부문

(1) 창 의 개수

난방 및 냉방의 열부하를 감소시키고 창을 통한 열손실을 줄이기 위해 기존의 단일 6mm 유리창을 현재 중소규모 건물의 외벽 창에 많이 사용하고 있는 이중 유리창(Case-A1)과 열성능이 우수한 이중 Tint Low-e 유리창(Case-A2)으로 창의 성능을 개선시키는 방안을 적용한다.

(2) 외벽 단열(Case-A3)

현재 건물은 외벽에 단열재가 없이 시공되어 있기 때문에 건물의 외벽에 단열재로써 널리 쓰이고 있는 glass wool 50mm을 에너지 개보수 방안으로 선택하였다.

(3) Case-A1+Case-A3(Case-A4)

이중 유리창과 glass wool에 의한 외벽단열을 함께 적용하여 건물을 개보수함으로써 에너지절감을 예상할 수 있다.

(4) Case-A2+Case-A3(Case-A5)

이중 Tint Low-e 유리창과 glass wool에 의한 외벽 단열을 함께 적용하여 건물을 개보수함으로써 높은 에너지절감 효과를 예상할 수 있다.

창과 외벽 단열의 방안시에는 기밀성능이 향상되어 대상건물의 침기량이 일정량 줄었다고 가정하여 시뮬레이션을 실시하였다.

4.2 시스템부문

(1) 이코너마이저(Case-S1)

냉각탑에 water economizer를 설치한다.

Water economizer는 냉동기 시스템을 사용하지 않고 직접 냉방을 위해 냉각탑의 물을 사용하는 것을 말하며 부하가 적은 기간에 외기의 냉방효과를 이용함으로써 에너지사용을 줄일 수 있다.

(2) 비례제어(Case-S2)

관리자에 의해 on/off되는 방식은 쾌적성뿐만 아니라 실의 부하에 적절히 대응하지 못하고 불필요한 에너지의 사용을 초래하게 된다. 비례제어의 도입은 존의 과대 난방 및 과대 냉방 등에 의한 불필요한 에너지소비를 줄이게 한다.

(3) 변풍량 시스템(Case-S3)

변풍량 시스템의 도입은 송풍량을 변화시킴으로써 부하변동에 대한 제어성이 신속하여 쾌적성

과 에너지절감 가능성이 크다. 또한 개별제어가 가능하며 economizer와의 조합이 가능하다.

(4) Case-S1+Case-S3(Case-S4)

냉각탑의 water economizer와 Case-S3의 변풍량 시스템을 함께 기준모델에 적용하는 개수 방안을 통해 에너지절감을 가져올 수 있다.

(5) Case-A5+Case-S4(Case-S5)

절감 가능성이 높을 것으로 예상되는 방안을 함께 적용한 방안으로서 높은 절감효과를 예측할 수 있다.

5. 개보수 방안 시뮬레이션 결과 및 분석

위에서 선정된 개보수 방안을 기준모델에 적용하여 시뮬레이션을 실시하고 에너지 원별 절감량 및 절감액을 산출하여 비교 분석하였다.

시뮬레이션 결과에 대한 일관성을 유지하기 위해 Table 3과 같이 1996년 에너지 단가와 환율을 적용하였다.

절감량 및 절감액을 산정하고 비교하기 위한 기준을 기준모델의 에너지사용량과 에너지사용요금으로 하였다. 기준모델의 시뮬레이션 결과 연간 가스사용량은 1842MWh, 전기사용량은 2206MWh이며 연간 에너지 비용은 가스가 4,110만원이고 전기가 17,360만 원이다.

에너지 단가변동, 일정한 환율적용 등의 영향으로 정밀한 정확성을 가진다고 할 수 없지만 절

Table 3 Reference Data

Reference data for energy cost
-Utility Rates (for 1996 year)
· Electricity
demand charge: 5,200 ₩/kW
energy charge: 78.5 ₩/kWh (July-Aug.)
52.1 ₩/kWh (Apr.-Jun. Sep.)
55.5 ₩/kWh (Oct.-Mar.)
night time energy charge:
23.2 ₩/kWh (10 p.m.-8 a.m.)
· Gas
heating: 242.3 ₩/㎥ ³
cooling: 195.97 ₩/㎥ ³
heat generation of gas: 1m ³ =12.18 kWh
-Foreign exchange rate: 804.64 ₩/\$

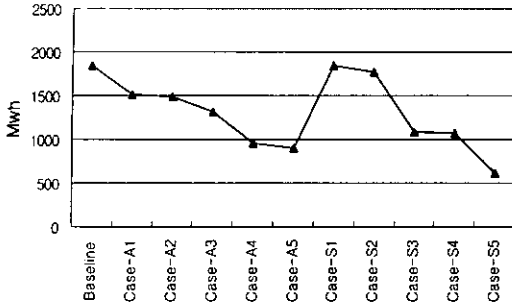


Fig. 10 Comparison of gas energy consumption.

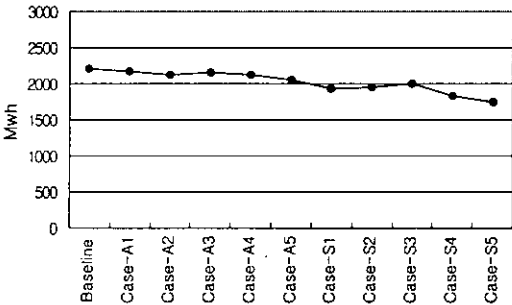


Fig. 11 Comparison of electrical energy consumption.

감액의 정량적인 예측은 절감액의 크기 비교만이 아니라 경제성 평가기법을 통해 더 적절한 방안 선정 및 개보수에 대한 투자의 가능성을 판단할 수 있는 수단이 될 수 있다.

시뮬레이션에 의해 도출된 개보수 방안별 에너지사용량 변화를 알아보기 위해 가스와 전기로 나누어 Fig. 10과 Fig. 11에 각각 나타내었다.

5.1 건축부문 결과

건물 외피부분인 창 성능향상과 외벽 단열 성능향상에 의해 에너지절감량을 예측하여 본 결과 가스의 경우 모든 방안에서 17% 이상의 높은 절감효과를 보여주었고 전기는 Case-A1인 이중창으로의 개보수 방안(약 1.6%)을 제외하고 2.2% 이상의 절감효과를 나타냈다.

창의 열성능을 개선시킨 Case-A1과 Case-A2 중 차폐계수와 열관류율이 낮아 열성능이 더 우수한 Case-A2 방안이 전기와 가스에서 각각 2.4%, 1.6% 더 높은 에너지절감을 가져왔다. 외벽의

단열성능을 향상시킨 Case-A3의 경우 Case-A1과 Case-A2보다 가스에서 약 1.5배의 절감효과를 나타냈다.

Case-A4과 Case-A5는 창과 외피 단열 성능을 동시에 향상시킴으로써 Case-A1, Case-A2, Case-A3의 단일 개보수 방안에서 보다 높은 절감효과를 보였다. 특히 Case-A5의 경우 가스의 절감비율이 50% 이상인 것으로 나타났다. 따라서 개보수 방안을 적용할 때 개별적인 개보수 방안뿐만 아니라 동시에 실행 가능한 방안을 도출하여 함께 적용함으로써 더 높은 에너지절감을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

위의 개보수를 수행함으로써 얻을 수 있는 절감액은 Case-A1를 제외하고 연간 총 1,400만 원 이상일 것으로 예측되며 건축적인 개보수 방안을 복합적으로 적용한 Case-A4와 Case-A5는 각각 약 2,500만 원, 약 3,100만 원의 매우 높은 절감을 가져오는 것으로 나타났다.

5.2 시스템부문 결과

시스템의 개보수에 의해 얻을 것으로 예상되는 에너지절감은 건축부분과 비교하여 전기에서 상대적으로 크게 나타났다. 즉, 변용량 시스템의 특성상 팬의 에너지소비가 많은 Case-S3를 제외하고 모두 전기절감량이 12% 이상인 것으로 나타났고 1,600만 원에서 5,300만 원 이상에 이르는 연간 에너지절감액을 보여준다.

Case-S1에 의해 얻는 절감량은 전기사용량에 국한되며 Case-S2는 연간 가스 71 MWh, 전기 266 MWh의 절감을 예측할 수 있는데 제어항상을 통한 관리기법의 개선으로 높은 에너지절감을 가져올 수 있음을 보여준다.

Case-S3은 가스의 절감량이 752 MWh로 기준 모델 가스사용량의 40.8%에 이른다. 이는 매우 높은 절감을 나타내는 것으로 실제 적용시에는 상세한 검토가 요구된다.

Case-S4와 Case-S5가 높은 절감량과 절감액을 보여주지만 다른 개보수 방안에 비해 여러 개선방안이 복합적으로 적용되므로 실제 적용시에 세심한 검토가 필요할 것으로 판단된다. 또한 시스템의 개수에 드는 초기 투자비용이 어느 개수 방안보다 클 것으로 예상되므로 경제성 분석을 통한 타당성 검토가 요구된다.

Table 4 Comparison of energy retrofits simulation output

Case	Savings [MWh]		Saving rates [%]		Cost Savings [10 ⁴ won]		
	Elec.	Gas	Elec.	Gas	Elec.	Gas	Total cost savings
A1	35	323	1.6	17.5	315	659	974
A2	88	352	4.0	19.1	751	718	1,468
A3	48.7	533	2.2	28.9	404	1,089	1,492
A4	91.8	891	4.2	48.4	760	1,820	2,580
A5	153	935	6.9	50.8	1,260	1,908	3,168
S1	274	0	12.4	0	1,692	0	1,692
S2	266	71	12.1	3.8	1,977	138	2,115
S3	210	750	9.5	40.8	1,140	1,532	2,672
S4	378	775	17.1	42.0	2,168	1,574	3,742
S5	465	1233	21.0	67	2,999	2,506	5,505

에너지 원별 절감효과를 파악하기 위해 연간 절감액이 비슷한 Case-S1(절감액 : 1,692만 원)과 Case-A3(절감액 : 1,492만 원)를 비교하여 보면 Case-S1의 경우 가스절감량은 없고 전기절감량만이 274.1 MWh인 것으로 나타났고 Case-A3은 가스와 전기절감량이 각각 533 MWh, 48.7 MWh 이었다. 따라서 Case-A3의 경우가 Case-S1의 경우보다 307.5 MWh 정도 에너지절감량이 크게 되지만 절감액을 비교하여 보면 Case-S1이 약 200만 원 더 많다. 이는 전기의 원단위 에너지비용(원/MWh)이 상대적으로 더 크기 때문에 Case-A3보다 전기절감량이 더 큰 Case-S1에서 절감액이 크게 나타난 것이다. 이로써, 가스의 절감보다 전기의 사용을 줄이는 것이 에너지의 절감에 더 효과적임을 알 수 있다.

이상의 개보수 방안별 에너지절감량 및 절감액을 비교하여 나타내면 Table 4와 같다.

6. 결론 및 향후연구

중소규모 사무소 건물에 대한 에너지 성능조사 및 분석을 실시하여 에너지 개보수 방안을 선정하고 에너지절감 효과를 예측·평가하기 위하여 개보수 방안에 대한 시뮬레이션을 실시하여 도출한 결과는 다음과 같다.

(1) 건축부문 개보수 방안에 의해 얻어지는 에너지절감은 전기보다 가스사용량에서 크게 나타

났으며 개보수 방안 중에서 이중 Tint Low-e 유리창과 외벽 단열을 함께 적용한 Case-A5의 절감량이 가장 컸다.

(2) 시스템부문 개보수 방안에 의해 얻어지는 에너지절감은 가스보다 전기가 큰 것으로 나타났고 Case-S5가 가장 높은 절감효과를 보였다. 또한 에너지 원별 절감액을 분석한 결과 가스보다 전기의 절감이 효과적인 것을 알 수 있었다.

(3) H 건물과 같이 시공 후 20여 년 이상이 지난 중소규모 건물을 대상으로 에너지 성능조사 및 컴퓨터 시뮬레이션을 하기 위해서는 많은 노력과 시간이 필요하게 된다. 이는 시공관련 도서, 관리 및 운전기록 등의 보관 미비로 현재의 상태를 반영하는 정확한 자료의 보유가 어렵기 때문이며 이를 위해 건물 성능 및 에너지관련 데이터의 모니터링 및 보관이 선행되어야 할 것이다.

(4) 건물의 에너지 성능조사 및 분석을 실시하고 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 개보수 방안에 대한 에너지사용량을 예측하여 봄으로써 에너지절감량 및 절감액을 정량적으로 파악할 수 있었다. 더 나아가 건물의 수명주기비용(LCC)에 의한 개보수 투자비용의 경제성 분석을 실시하여 봄으로써 보다 정확한 개보수 방안 평가 및 선정이 가능할 것이다.

본 연구는 일정과 예산에 한계가 있는 ESCO 사업자들이 쉽게 적용할 수 있는 에너지 성능진단 및 예측 프로세스를 정립하고 ESCO 사업을 활성화하는 데 목적이 있으며 향후 개보수 방안 선정에 적합한 경제성 평가기법의 개발과 수명주기비용(LCC) 관련 데이터에 대한 연구가 진행되어 경제성 평가를 통한 개보수 방안의 선정 및 평가가 이루어져야 할 것이다.

후 기

본 연구는 에너지관리공단의 1998년도 에너지 절약기술 개발사업인 “건물의 개보수 설계 및 시공기술 DB화” 연구결과의 일부임.

참고문헌

1. Min, M. K., et al., 1996, Evaluation of building energy consumption and application of energy conservation opportunities (ECOs)

- into HVAC equipment, Report of The Ministry of Construction and Transportation, R&D/95-0042, p. 7.
2. Kaplan, M. and Cancer, P., 1992, Guidelines for Energy Simulation of Commercial Buildings, Bonneville Power Administration Commercial Technology Section, pp. 52-56.
 3. Jeong, Y. S., Huh, J. H., Bang, K. Y. and Chung, K. S., 2000, Energy Retrofit and Estimate for Small-to-Medium Office Buildings, Proceedings of the SAREK 2000 Summer Annual Conference (II), pp. 613-619.
 4. ASHRAE, 1997, ASHRAE Fundamentals Handbook, pp. 36.1-36.4.
 5. Meckler, M., 1994, Retrofitting of Buildings for Energy Conservation, 2th Ed., The Fairmont Press, Inc.
 6. Kaplan, M. B., et al., 1990, Reconciliation of a DOE 2.1C model with monitored end-use data for a small office building, ASHRAE Transactions, Vol. 96, pp. 981-992.
 7. Bronson, D. J., et al., 1992, A procedure for calibrating the DOE-2 simulation program to non-weather-dependent measured loads, ASHRAE Transactions, Vol. 98(1), pp. 636-652.
 8. Kim, K. W., et al., 1998, The development of energy management methods for office buildings, Report of SsangYong Inc.
 9. Eley, 1996, Visual DOE 2.5 Program Documentation.