

## 기존 건물의 에너지 개수방법의 제안 및 사례연구

정 희 규, 박 준 원, 이 영 재\*, 송 두 삼\*\*†

성균관대학교 대학원, \*(주)삼우종합건축사사무소, \*\*성균관대학교 건축공학과

### Proposal of the Energy Retrofit in a Small Sized Office Building and its Application

Hee-Gyu Jeong, Jun-Won Park, Young-Jae Lee\*, Doosam Song\*\*†

Graduate School, Sungkyunkwan University, Suwon 440-740, Korea

\*Strategic Design Unit, SAMOO Architects and Engineers, Seoul 138-240, Korea

\*\*Department of Architectural Eng., Sungkyunkwan University, Suwon 440-740, Korea

(Received June 20, 2012; revision received July 16, 2012)

**ABSTRACT:** Recently, energy saving in building sector is of great important to meet national CO<sub>2</sub> reduction goals in Korea. In this sense, it is crucial to improve the energy performance for existing building. The energy efficiency investments, ESCO business, can be beneficial to expand the chance of energy retrofit for existing building. However, ESCO business hardly expand in Korea because it has many limitations in guarantee for energy saving. Also, it is more difficult to apply the energy retrofit measures in existing building than new building. Therefore, the retrofiting methods for existing small-and medium-sized buildings should be improved to initiate ESCO business and expand it in Korea. In this study, the energy retrofit methods for small sized office building were suggested and the case study for a small sized office building located in Suwon was accomplished.

**Key words:** Building energy retrofits(건물 에너지 개수), ESCO(에너지 절약 전문기업), Energy audit(에너지 진단), Measurement and verification(측정 및 검증), Case study(사례조사)

### 1. 서 론

건물 에너지 효율의 향상은 국가차원에서는 에너지 수입 비용을 줄이고, 환경문제, 기후변화협약에 대한 효과적인 대응책이 된다. 이를 위해 신축 건물에 대한 건물 에너지 성능 관련 규제가 지속적으로 강화되고 있다. 그러나 국내 건물 동수 기준, 신축 건물('11년 연간)이 기존건물('10년 말 기준) 대비 약 3%에 불과함<sup>(1)</sup>에서 알 수 있듯 신축건물에 대한

규제만으로는 국가 온실가스 감축 목표(건물부문 26.9%) 등을 달성하기 어려운 실정이다.

이에 따라 국외적으로 기존 건물 에너지 효율 개선에 많은 노력과 관심을 기울이고 있다. 미국의 경우 ESCO 사업을 중심으로 기존 건물의 에너지 개수를 사업화 하여 일자리 창출 모델로써 권장하고 있으며, 연간 ESCO 활동규모는 2000년 2조원<sup>(2)</sup>에서 2008년 4.1조 원<sup>(3)</sup>으로 꾸준히 증가하고 있다. 국내의 경우, 국토해양부는 '그린 리모델링'정책을 통해 2020년까지 노후 건축물의 약 30%(약 20만동)을 그린 리모델링하겠다고 예고하고 있으며,<sup>(4)</sup> 2012년 2월 제정된 '녹색건축물 조성 지원법'을 통해 건축물 온실가스

† Corresponding author

Tel.: +82-31-290-7551; fax: +82-31-290-7570

E-mail address: dssong@skku.edu

배출량 감축과 녹색건축물의 확대를 위해 기존 건축물의 에너지성능 개선 기준(제13조)을 마련하도록 하고 있어, 기존 건물의 에너지 개수 사업화 전망을 밝게 하고 있다.

또한 ESCO 사업을 관할하는 에너지관리공단에서는 감축잠재량이 높은 건물 및 공공부문의 수요를 적극 창출하는 방안 등을 통해 2015년까지 ESCO 시장 규모가 1조 원대(현재 약 2천억 원 규모)로 확대될 것으로 전망하고 있다.<sup>(5)</sup> 이를 위해 ESCO 사업의 기존 계약방식을 개선하여 ESCO가 자금을 조달하되 성과를 책임지는 ‘新성과배분계약’을 2011년 2월 도입하는 등 ESCO 사업 활성화에 힘을 쏟고 있다.

ESCO 사업의 타당성과 관련하여, 김수덕<sup>(6)</sup>은 국내 ESCO 사업의 수익성 분석('93~'04년 자료)을 통해 수익률이 상대적으로 낮은 프로젝트도 대체로 평균적인 시장수익률을 나타낸다고 보고하고 있다. 더불어 수익률 계산에 반영되지 않은 계약완료 후 에너지 사용자의 에너지 절감 효과를 감안하면 에너지 효율 향상을 위한 ESCO는 높은 경제성을 가진다고 보고하고 있다.

그러나 ESCO 사업은 산업시설, 발전시설 및 일부 대형건물 등 에너지 다소비사업장 위주로 적용되며, 조명 및 열원, 냉난방 등 설비시스템에 국한하여 노후 장비 교체나 고효율설비 설치 위주로 활용되면서, 그 규모와 영역이 확대되지 못하고 사업의 건수와 금액 모두 2001년을 기점으로 더 이상 활성화되지 못하는 추세를 보이고 있다.<sup>(6)</sup> ESCO 사업 기회의 축소는 결국 기술력 및 전문인력 부족, 기술개발 투자저조, 기술수준 낙후, ESCO 신뢰 상실이라는 악순환을 낳을 수 있다.

본 연구는 이러한 점에 주목하여 ‘그린 리모델링’ 정책에 부합하고, ESCO 사업을 중소규모 건물까지 확대함으로써 건물 에너지 개수 사업의 활성화를 뒷받침할 수 있는 기초 연구의 목적으로 이루어졌다. 본 논문에서는 기존 에너지 개수 방법을 고찰하여 건물 전반적인 에너지 성능을 향상시킬 수 있도록 프로세스를 재정립하고, 건물에너지 성능에 영향을 미치는 모든 요소를 검토하며, 사업화 측면에서 경제성과 건물주의 요구에 부합되는 최적 개수안의 작성 방안에 대해 기술하고 있다. 특히 본 논문에서는 수원 소재의 실제 소규모 오피스 건물을 대상으로 본 연구에서 제시하는 에너지 개수 프로세스를 통해 개수안 작성을 실시한 결과를 보이고 있다.

## 2. 건물에너지 개수 방법 고찰

ESCO 사업의 기존 건물에너지 개수 프로세스는 사업수준과 계약방식에 따라 차이가 있으나 기본적으로 Fig. 1의 단계를 따른다.<sup>(7)</sup> 진단(Discovery)단계와 수행(Execution)단계에서는 M&V(Measurement and Verification, 측정 및 검증)이 수행된다. M&V를 통해 개수안이 작성되고, 에너지 절감효과 및 비용절감 효과가 평가되기 때문에 ESCO 사업에 있어서 M&V는 매우 중요한 단계이다. 따라서 미국 ESCO 사업에서는 M&V 기준으로 국제에너지효율기구(EVO)의 국제성능측정 및 검증규약(IPMVP)<sup>(8)</sup>을 이용하고 있으며, 연방정부 프로젝트를 수행시에는 IPMVP보다 세분화된 미국 에너지성(DOE)의 M&V Guidelines<sup>(9)</sup>를 활용하고 있다. M&V의 중요성을 국내에서도 인식하고 ESCO 협회 등을 통해 IPMVP 등 관련 교육을 실시하고 있다.

한편 기존의 ESCO 사업 개수 방법론은 일정한 개수범위 내에서 개별적인 기기나 동종 설비 계통의 성능을 명확하게 진단하고, 개수의 효과를 평가하는데 적합하기 때문에 주로 조명설비나 공조기기 및 열원기기, 냉·난방 계통에 대한 에너지 개수를 ESCO 사업 대상으로 하고 있다. 그러나 개수의 범위가 넓고, 여러 설비 계통이 중첩되는 건물에너지 개수를 수행하고자하는 경우, 기존의 개수 방법론으로는 개수에 따른 대폭적인 건물의 에너지 효율 향상을 기대하기 어렵다.

이에 Caroline Fluhrer<sup>(7)</sup> 등은 기존의 ESCO 사업의 수행 프로세스를, 건물 에너지의 영향을 미치는 모든 요소를 고려한 ‘통합적인 건지의 건물 에너지 개수(Whole Building Retrofits)’를 수행한 Empire State Building의 개수 사례의 프로세스와 비교, 검토

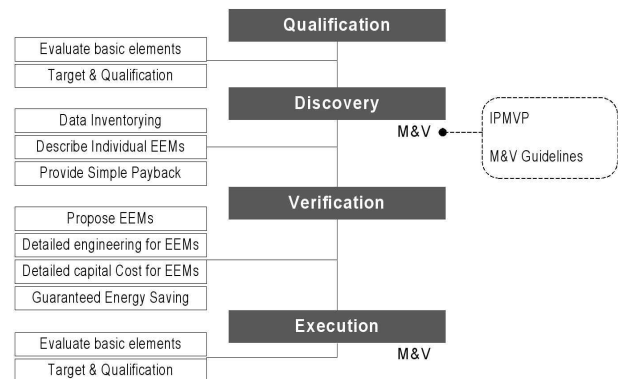


Fig. 1 Building energy retrofit process in ESCO business.<sup>(7)</sup>

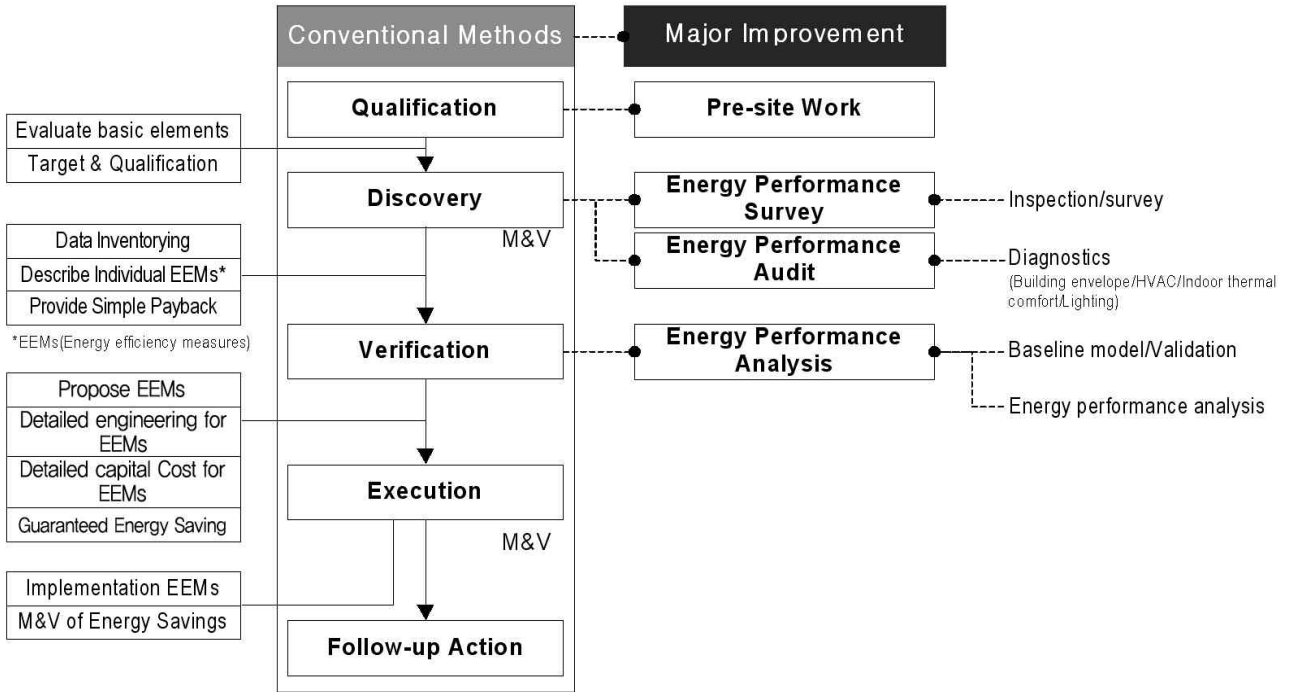


Fig. 2 Improvement of building energy retrofit methods.

를 수행하였다. Whole Building Retrofits에서는 기존 ESCO 사업의 개수 프로세스 중 진단 단계를 두 단계 (Design Development, Design Documentation)로 세분화하고 있다. Design Development 단계에서는 개수범위가 한정되어 실측을 통하여 에너지 진단을 수행하는 기존의 ESCO 사업과 달리, 건물전체의 에너지 성능진단(profile analysis)을 수행하기 위해 건물전체의 에너지 소비량을 검토하고, 건물요소별 세부 정보를 수집하고 있다. Design Development 단계에서는 건물전체로 범위가 확대됨에 따라 개수안에 대하여 직접적인 M&V 수행이 어렵기 때문에, 현장 조사/진단으로 수집된 정보를 바탕으로 작성한 건물 에너지 시뮬레이션 모델(Baseline Model)을 토대로 시뮬레이션을 수행하여 각각의 개수안(Retrofit measures)에 대한 에너지 절감효과 평가를 수행한다. 따라서 Whole Building Retrofits을 수행하기 위해서는 대상건물에 대한 정확한 Baseline Model의 작성, 이를 통한 타당성 있는 개수안 작성을 위해 건물 에너지 성능의 진단과 시뮬레이션 기술이 매우 중요하다.

### 3. 건물에너지 개수 방법 개선안 작성

기존 연구를 분석한 결과 도출된 중소건물의 에너지 개수 방법 개선점은 다음과 같다.

첫째, 중소건물 에너지 개수의 범위는 건물 에너지 효율에 영향을 미치는 모든 요소(건축, 설비, 운영)를 고려해야 한다. 두 번째는 에너지 진단과 개수안 효과 검토를 위한 객관적인 M&V 규정을 지정해야 한다. 셋째, 시뮬레이션을 위한 건물에너지 모델 작성에 요구되는 건물요소의 입력 데이터를 M&V 규정에 따라 조사/진단해야 한다. 넷째, 건물은 시공의 견실도, 경년변화, 용도 변경 등에 따라 설계 성능이 저하되기 때문에 실제 성능을 진단할 수 있는 세부수행 사항 및 분석기술을 포함해야 한다. 그리고 마지막으로 건물 에너지 개수 사업화를 위해 개수안의 경제성 평가를 반드시 수반해야 한다. 이상 기존 에너지 개수 방법의 문제점 분석을 통해 개선된 기존 건물의 에너지 개수 방법은 Fig. 2와 같다. 본 연구에서 제안하는 개수 방법의 특징은 종래의 개수 방법을 바탕으로 대상건물의 에너지 성능에 대한 상세한 현장조사(Survey)와 진단(Audit)을 강화하였으며, 대상건물의 에너지 성능평가(Energy performance analysis)를 위한 Baseline model 작성 및 Validation, Performance analysis 등 시뮬레이션의 정확도 또는 신뢰성 향상 방안을 보완하였다. 이 부분은 개수안의 선정 시 매우 중요한 단계로 대상건물의 에너지 개수에 따른 에너지절감 효과, 비용절감 효과 등 성과보증에 매우 중요한 부분이다.

### 4. 사례 분석

제 3장에서 제시한 기존 건물 에너지 개수방법 개선안을 바탕으로 실제 소규모 공공건물에 대한 개수 프로세스를 수행하였다.

#### 4.1 건물에너지 개수 사전조사

대상건물은 Table 1 및 Fig. 3과 같이 경기도 수원시 소재의 한국도로공사 영업소 건물로 지하 1층, 지상 2층의 소규모 건물이다. 건물 에너지 개수 사전작업(Pre-site Work)으로 대상건물 관리자와의 연락을 통해 대상건물에 대한 일반 정보를 수집하였다. 특이사항으로 대상건물은 2008년 일부 내부 공간 구획 및 용도변경이 있었으며, 이에 따라 기존 준공도서 및 리모델링 도면을 검토하여 공간 구성

Table 1 The building outlines

Name	Korea Expressway Corporation East-Suwon Office
The time of completion	2001.
Location	Suwon, Korea
Usage	Office
Gross floor area	759.06 m <sup>2</sup>
Structure	Reinforced Concrete
Stories	B1/2F
Finishing materials	AL panel, color pair glass



Fig. 3 The building floor plan and zoning.

및 용도, 냉·난방 시스템에 관한 일반 정보를 습득하였다.

#### 4.2 건물에너지 성능 조사 및 진단

이 단계에서는 건물 결함검사와 인터뷰 및 기록 조사를 실시하는 “건물 에너지 성능조사(Inspection, Survey)”와 건물요소별 에너지 성능 진단을 위한 “건물 에너지 성능진단(Detailed Audit)”을 실시하였다. 먼저 “건물 에너지 성능조사” 단계에서는 설계도서와 현장의 상이점, 도서상의 누락정보 등의 정보를 수집하여 향후 건물 에너지 성능 분석 단계의 Baseline Model의 입력 데이터를 수집하였다. 성능조사 결과, 결함검사(외피단열/기밀)에서 특별한 결함은 확인하지 못하였다. 관리자 인터뷰로 건물운영실태, 냉/난방시스템, 항온/항습실 운영 정보 등을 수집하였으며, 냉/난방기기 및 사무/조명기기 실태 및 운영 정보 등을 기록조사 하였다.

“건물 에너지 성능진단” 단계에서는 건물요소별 에너지 성능 수준의 진단을 통해 Baseline Model의 입력 데이터 및 모델 보정 데이터로 활용된다. 대상 건물 성능진단 항목은 Table 2와 같다. 특히 건물 냉난방부하에 상당한 영향을 미치는 창호성능, 외피의 기밀성 및 단열성능에 대한 측정을 집중적으로 실시하였다.

#### 4.3 건물에너지 성능 분석

이 단계에서는 이전 단계에서 수집된 조사/진단 결과의 분석을 통해 건물 각 요소별 성능을 정량화하였고, 이를 바탕으로 Baseline Model을 작성하였다.

Table 2 Building performance audit

Item	Period	Description
Envelope	Windows	1 day glass layer and performance
	Insulation	1 week U-value measurement
	Thermogram	1 day thermal defects
	Airtightness	1 day airtightness of mainroom
Indoor thermal environment	Temperature	2 weeks vertical/horizontal temp. distribution
	Thermal comfort	2 weeks temp., air current, humidity, radiant temp.
	HVAC equip.	2 weeks set-point temp. supply/return temp.
Micro-climate	Outdoor climate	2 weeks outdoor temp. and humid. solar radiation

건물 에너지 시뮬레이션 수행 틀은 다양한 시스템의 구현 및 제어특성의 구현이 용이한 TRNSYS(ver. 16.03)를 사용하였다.

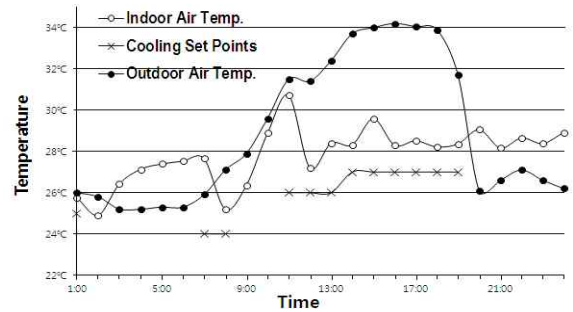
먼저 대상건물 각 실의 정보와 경계조건을 입력하고 실제 운전에 따라 공조, 비공조, 간헐운전, 항온항습, 주간운전으로 Zoning 후 관리자 인터뷰와 근무시간 조사결과에 따라 스케줄을 입력하여 공간을 구성하였으며, 설비기기별 운전스케줄은 정확한 기록정보가 없어 Fig. 4(a)와 같이 냉·난방기기의 취출/리턴 온도 및 실내온도 측정결과를 바탕으로 작성하였다. 분석대상 건물에 적용된 시스템 및 운전상황에 대한 구현은 TRNSYS 상에서 Fig. 4(b), Fig. 4(c)와 같이 대상건물의 냉난방기기 성능 및 제어 조건을 구현한 모듈을 작성하여 모사하였다. 또한 시뮬레이션을 위한 기상데이터는 대상건물 주변의 실측데이터와 기상청 제공 수원지역 기상데이터와의 비교를 Fig. 4(d)와 같이 실시하였다. Fig. 4(d)의 결과에서 알 수 있듯이 대상지역의 기상 측정결과가 수원지역의 기상청 측정데이터와 상당히 일치하는 것을 알 수 있다. 따라서 시뮬레이션에는 수원지역 연간 기상데이터를 사용하였다.

대상건물의 실제 에너지 사용량은 대상건물과 톨게이트에서 사용한 총 전력량만을 보유하고 있어, 별도의 전력량계를 설치하여 약 2개월간 대상건물 소비전력량 측정 및 과거 3년간의 전력사용량과 비교하여, 톨게이트 부분 사용량을 제외한 건물에 대한 사용량을 산출하였다.

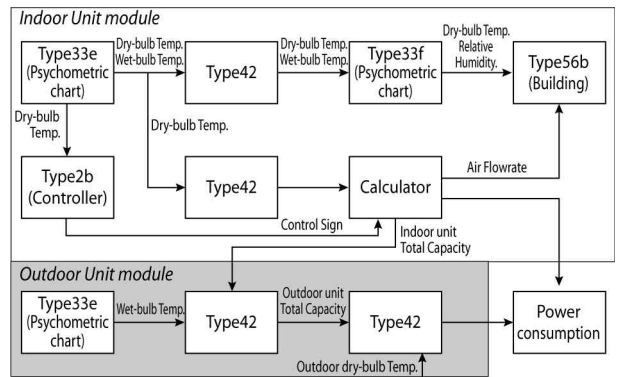
건물 에너지 성능분석 시뮬레이션의 Baseline Model의 타당성은 시뮬레이션을 통한 에너지 사용량 예측값과 실제 에너지 사용량과의 차이에 대한 신뢰도 범위를 정의한 ASHRAE Guideline 14-2002<sup>(10)</sup>에 따른다. 월별 평균 편향 오차(Mean Bias Error : MBE)와 평균제곱근 오차의 변동 계수(Coefficient of Variation of the Root-Mean-Squared Error : CV (RMSE)) 기준은 Table 3과 같다. MBE 지수는 측정자료와 비교하여, 모델에 의해 에너지 소비량이 얼마나 정확히 예측되는 가를 나타내는 지수이다.

Table 3 Acceptable calibration tolerances of baseline model

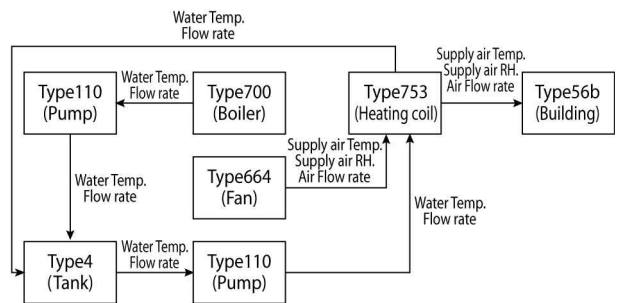
Calibration Type	Index	Acceptable Value
Monthly	MBE month	±5%
	Cv(RMSE month)	15%
Hourly	MBE hour	±5%
	Cv(RMSE hour)	30%



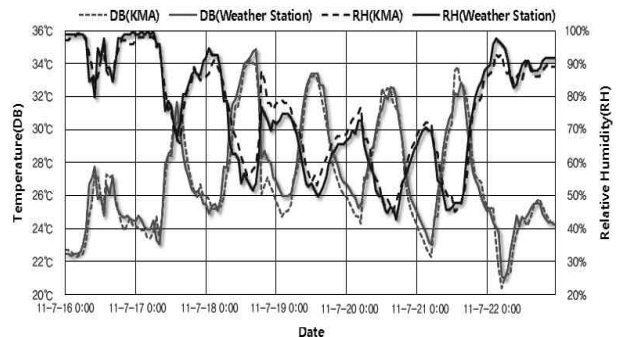
(a) HVAC equipment time schedule : 1F customer center.



(b) System module of A/C, thermo-hygrostat.



(c) System module of Fan Coil Unit.



(d) Comparison of actual and simulation weather data.

Fig. 4 Building performance audit.

Table 4 Whole-building level calibration with Monthly Data at Target Building

	Electric demand (kWh)	Oil demand (Liters)
MBE	-3.1%	4.1%
Cv(RMSE)	0.6%	7.1%

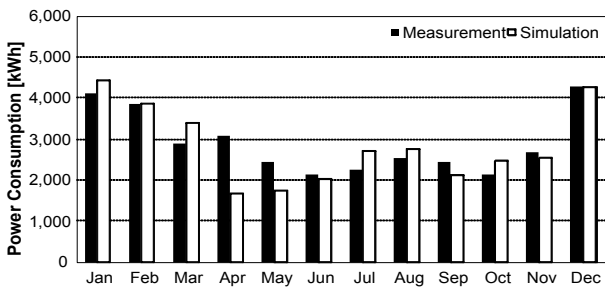


Fig. 5 Monthly power consumption of measurement and simulation.

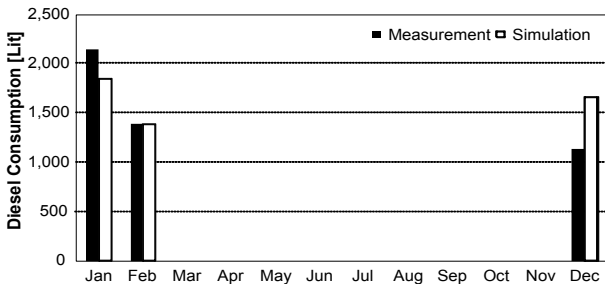


Fig. 6 Diesel consumption of measurement and simulation in heating period.

Cv(RMSE)는 RMSE의 상대적인 일탈도를 백분율로 분석한 것이 Cv(RMSE)이며, 계수가 작을수록 평균치에 가까이 분포함을 뜻한다. 대상건물의 Baseline Model 검증결과는 Table 4와 같으며, Fig. 5의 전력의 경우 MBE -3.1%, Cv(RMSE) 0.6%, Fig. 6의 경유의 경우 MBE 4.1%, Cv(RMSE) 7.1%로써, 기준을 만족하여 작성된 건물에너지 모델이 타당함을 검증하였다.

보정된 건물 에너지 모델을 통해 연간 에너지 시뮬레이션을 수행함으로써 냉난방, 조명, 환기, 급탕 각각의 에너지 세부 내역을 확인하였다. 연간 난방부하가 65%로 가장 큰 비중을 차지하며, 냉방부하는 9%로 비교적 작는데, 이는 공공기관에너지절약 지침에 따라 여름철 실내온도를 28℃ 이상 유지한 것으로 조사/진단되었기 때문이다. 이 때 PMV는 최대 2.09, 평균 1.13, 최소 0.88로 쾌적 범위를 벗어났다.

4.4 건물에너지 개수안 작성

개수 목표는 사전작업 단계에서의 의견 수렴과 분석된 에너지 성능 수준을 바탕으로 정량적으로 달성 여부를 확인할 수 있는 객관적 지표를 중심으로 3가지를 작성하였다. 첫째, 건물 에너지효율 1등급 수준 성능구현. 둘째, 신축 공공기관 에너지성능지표(EPI) 기준인 74점 달성. 셋째, 쾌적한 실내 환경 구현을 위해 PMV ±0.5 유지이다.

먼저 개수 목표 달성 전략으로써 적용 가능한 요소기술을 국내·외 에너지 절약 설계 기준 및 가이드를 조사하여 외피, 조명 및 자연채광, 전력부하, 공조시스템 및 장비, 신재생에너지, 기타의 분류로 리스트화 하였다.

이후 개별안의 경제성을 에너지 지수 식(1)에 의해

$$\text{에너지 지수} = \frac{\text{연간 1차 에너지 절감량(kWh)}}{\text{투자비용(천원)}} \quad (1)$$

평가하여, 먼저 앞의 리스트를 에너지 지수 수준별 (Level 1 : 에너지 지수 0.2 이상, Level 2 : 0.1~0.2 미만, Level 3 : 0.1 미만, 등급 외 : 0.05 이하)로 우선 순위화 하고, 우선순위가 높은 개수안부터 EPI 74 점 목표를 만족할 수 있도록 선정하여 Table 5를 얻을 수 있었다. 이때, 에너지 지수를 구하는 과정에서 투자비용은 일위대가표와 물가정보를 이용하여 재료비 할증과 노무비를 반영하였으며, 연간 1차 에너지 절감량은 Baseline model에서 해당 개수안만을 적용했을 때의 절감량을 말한다.

최종적인 종합적 개수안의 에너지 성능 및 경제성 평가 결과는 Table 6과 같다. Level 0는 대상건물의 현성능이며, Level 1의 에너지절감방안(에너지 지수가 0.2 이상인 에너지절감 방안)을 적용한 Level 1단계에서 목표한 건물 에너지 효율 1등급을 달성하며, 에너지 절감비용 연간 1,122천원, 투자비 15,892천원으로 단순 회수기간은 14년인 것으로 나타났다. 여기서 회수기간이 긴 이유는 투자금액을 건축주의 지정된 예산에 한정하지 않았으며, EPI 항목 이행을 건축주의 요구사항으로 가정하였기 때문이다. 특히 전력사용이 많은 톨게이트와 건물이 통합된 계약전력으로 부과하기 때문에, EPI 점수획득을 위한 건물의 전력절감을 가져오는 개수안의 적용에도 전기요금 절감 효과가 미미해지기 때문이다. 건물만 별도로 계약전력이 체결되는 대부분의 다른 중소 건물에서는 회수기간이 감소할 것으로 생각된다.

Table 5 Evaluation of energy conservation measures, using 'energy index'

Item	Energy Conservation Measures				Energy Savings	Energy Index Level		
	Performance	Specification	Additional Cost					
Passive Design (central region)	wall	Exterior	0.36 W/m <sup>2</sup> K	85 T EPS No.2-2	₩ 3,829,000	1,148 kWh	0.29	Level 1 (more 0.2)
		Indirectly Exterior	0.49 W/m <sup>2</sup> K	60 T EPS No.2-2	₩ 186,000			
	roof	Exterior	0.20 W/m <sup>2</sup> K	160 T EPS No.2-2	₩ 14,167,000	942 kWh	0.07	Level 3 (less 0.1)
		windows	Exterior	2.4 W/m <sup>2</sup> K	24 T Low-E pair glass	₩ 7,322,000	1,313 kWh	0.18
	Shading		at the Restaurant	Over the 80% of window area	Outside Fixed type	₩ 2,285,000	354 kWh	0.15
		Air-tightness						
Active Design	Lighting	LED lighting	Lamp 20%	LED 45 W	₩ 2,026,000	2,376 kWh	1.17	Level 1 (more 0.2)
	Heating equip.	Oil boiler efficiency(%)	92%	High-efficiency Boiler	₩ 9,851,000	2,229 kWh	0.23	Level 1 (more 0.2)
	Heat recovery	Energy recovery ventilator	efficiency 70%	ERV 350 CMH×2 EA	₩ 3,310,000	-590 kWh	-0.18	discard (energy increase)
	Re-newable	Solar heat hot-water generator	hot water load 10%		Plate type	₩ 2,661,000	324 kWh	0.12
Photovoltaic		Elec. load 2%		Fixed type	₩ 35,900,000	1,244 kWh	0.03	discard (less 0.05)
Total cost				₩ 87,761,000				

Table 6 Evaluation of whole building energy retrofit measures

Level	Economy	Target*	Measures	Energy index
0 Baseline	Energy Cost ₩ 16,439,000/year	2 Class 311 kWh/m <sup>2</sup> · year	-	-
1	Energy Saving ₩ 1,122,000/year	1 Class 293 kWh/m <sup>2</sup> · year	LED Light	1.17
	Invest Cost ₩ 15,892,000/year		insulation(Wall)	0.29
	Simple payback 14.16 year		Boiler retrofit	0.23
2	Energy Saving ₩ 1,446,000/year	1 Class 283 kWh/m <sup>2</sup> · year	insulation(Window)	0.18
	Invest Cost ₩ 34,384,000/year		Shading	0.15
	Simple payback 23.78 year		Air-tightness	0.13
			Solar hot water generator	0.12

Table 7 Evaluation of whole building energy retrofit measures in thermal comfort case

Level	Economy	Target*	Measures	Energy index
0 Baseline	Energy Cost ₩ 17,240,000/year	2 Class 321 kWh/m <sup>2</sup> · year	-	-
1	Energy Saving ₩ 1,089,000/year	2 Class 307 kWh/m <sup>2</sup> · year	LED Light	1.17
	Invest Cost ₩ 15,892,000/year		insulation(Wall)	0.29
	Simple payback 14.6 year		Boiler retrofit	0.23
2	Energy Saving ₩ 1,674,000/year	1 Class 291 kWh/m <sup>2</sup> · year	insulation(Window)	0.18
	Invest Cost ₩ 34,384,000/year		Shading	0.15
	Simple payback 20.54 year		Air-tightness	0.13
			Solar hot water generator	0.12

\* Target class is defined in the building energy rating system.

추가로, 실내쾌적성을 개선하여 PMV를  $\pm 0.5$ 로 유지하기 위하여 Baseline model의 연간 에너지 시뮬레이션 실내설정 온도를 냉방시 28℃에서 26℃로 낮추고, 난방시 20℃에서 22℃로 높여 조정했을 때의 종합적 개수안의 결과는 Table 7과 같이 Baseline Model 자체의 에너지 소비량은 늘어나고, 개수안은 동일하게 적용되며, Level 2에서 건물 에너지 효율 1등급이 달성되는 것으로 나타났다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 선행 연구에서 나타난 기존 건물의 에너지 개수 수행 방법에 대해 고찰하고, 중소건물을 대상으로 실제 건물의 에너지 개수방법을 적용하는 사례연구를 통하여, 건물 에너지 개수의 범위가 특정 전기·설비시스템이나 에너지 절약설비에 국한되지 않는 건물 전체를 대상으로(Whole building retrofit) 하는 건물 에너지 개수방법을 제안하였다.

사례연구에서는 대상건물의 에너지 성능에 영향을 미치는 요인들을 실측을 통해 규명하여, 이들 각 요인들이 에너지소비에 미치는 영향 정도, 개수안 작성 및 그에 따른 에너지 절감의 정도 등을 파악할 수 있는 시뮬레이션 모델(Baseline Model)의 작성방법, 작성된 시뮬레이션 모델의 타당성 판정 등에 관한 기준들을 제시하였다.

작성된 시뮬레이션 모델을 이용하여, 본 연구의 개수 대상건물에 대한 개수안의 우선순위 선정을 위해 '에너지 지수'를 제시하였으며, 이를 통해 에너지절감효과 및 경제성 측면에서 의미 있는 개수안 작성이 가능하도록 하였다. 또한 대상건물에 대한 개수안으로는 대상건물을 에너지 효율 등급 1등급으로 향상시키는 안, 에너지 소비를 최소화하면서도 실내 쾌적성을 향상시키는 안 등의 목표를 만족할 수 있도록 검토, 적용하였다.

본 연구에서 제시한 소형 건물에 대한 개수 방법론은 이 분야에 대한 적절한 개수방법론이 부재한 상황에서 유사한 건물 에너지 개수 프로젝트를 진행하고자 하는 실무자들에게 적절한 참고자료로 활용될 수 있을 것이다.

그러나 본 연구에서 제안한 개수방법론을 건물 전체에 대한 성능 측정이 불가능한 대형 건물에 적용하기 위해서는, 부분적인 측정을 통해 전체 성능을 유추할 수 있는 방법론의 개발이 필요할 것으로 사료된다. 추후 연구에서는 이러한 부분에 대해서 검

토하고자 한다.

## 후 기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.20120000735).

## 참고문헌

1. Korea Energy Statistics Information System, www.kesis.net.
2. Julie, O. et al., 2002, Market trends in the U. S. ESCO industry : results from the NAESCO database project, LBNL.
3. Andrew Satchwell, Charles Goldman, Peter Larsen, Donald Gilligan, and Terry Singer, A Survey of the U. S. ESCO Industry : Market Growth and Development from 2008 to 2011, LBNL.
4. Kim, K. E., 2011, Deputy director in ministry of land, transport and maritime affairs, Green building activation plan, Building energy efficiency policy conference, Seoul, pp. 3-18.
5. Ha, W. H., 2011, The current status and prospect of ESCO business in Korea, Korean Journal of Air Conditioning Refrigerating and Sanitary Engineering.
6. Kim, S. D., 2005, The profitability of domestic ESCO business in Korea, Korean Journal of Applied Economics, Vol. 7, No. 3, pp. 5-24.
7. Caroline Fluhrer, Eric Maurer, Aalok Deshmukh, 2010, Achieving Radically Energy Efficient Retrofits : The Empire State Building Example. ASHRAE Transactions, Vol. 116, part 2.
8. International Performance Measurement and Verification Protocol, 2009, Concept and Options for Determinings Energy and Water Savings, Vol. I.
9. M&V Guidelines Ver 3.0, 2008, Measurement and verification for federal energy projects, FEMP.
10. ASHRAE Guideline, ASHRAE Guideline 14-2002, Measurement of Energy and Demand Savings, Section 6.3.3.4.2.2.