

공조설비 운전방법 및 시설개선을 통한 에너지절약 효과분석

김 용 기, 이 태 원[†]

한국건설기술연구원 그린빌딩연구실

An Analysis of the Energy Saving Effect Through the Retrofit and the Optimal Operation for HVAC Systems

Yong-Ki Kim, Tae-Won Lee[†]

Green Building Research Division, Korea Institute of Construction Technology, Gyeonggi 411-712, Korea

(Received November 8, 2011; revision received February 3, 2012)

ABSTRACT: The major goal of building energy management is to minimize the energy consumption while maintaining the comfortable environment condition. Nowadays building energy management to save HVAC energy and so on is the most critical issue for existing building service branch with high efficiency equipments and their optimal operation. The effects on the building energy savings of the building equipment retrofit and the improvement of its operation method, especially in the field of HVAC system, were analyzed in this study for domestic small and/or medium sized buildings. Over 8.8% of energy saving was achieved compared with the total energy consumption in commercial building. These results could be used for reasonable maintenance and efficient management of the various building service equipments and related systems.

Key words: Building retrofit(개보수), Optimal control(최적 운전), Energy saving(에너지 절약), Maintenance(유지관리), Air conditioning system(공조시스템)

1. 서 론

건물에서의 각종 설비는 시간의 경과에 따라 경년열화에 의하여 그 성능이 저하 될 뿐만 아니라 고장의 발생, 성능의 저하로 인한 에너지 사용량의 증가를 초래하므로 초기의 설계과정에서 설정한 설비의 성능 유지 및 에너지관리를 위하여 유지관리가 필수적이다. 그러나 실제 건물 현장에서는 설비 시스템에 대한 감시와 점검, 성능 및 고장·열화진단, 에너지 사용량 관리 등이 설비 관리자 개인의 임무로 부여되어 왔으며, 설비관리자의 전문성 부족에 따라 체계적이고, 효율적인 관리가 이루어지

지 않고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 최근 국내에서도 BEMS(Building and Energy Management System)가 도입되고 있으나 아직은 시장진입 초기단계로 보급 활성화를 위해서는 성능 및 고장진단 등의 설비 유지관리 및 건물 에너지관리와 직접적으로 관련된 서비스 기능을 확대하고, 유사관리시스템간의 통합화가 필요하다.

또한, 최근에 건물 에너지절약에 대한 관심이 고조되어 건물 및 설비에 대한 리모델링(remodeling), 개보수(retrofit) 등이 이루어지고 있으며, 이에 대한 사례 분석이 일부 발표되고 있다. Bae et al.⁽¹⁾은 대형마트의 조명설비를 고효율 조명으로 교체하고, 흡수식 냉동기를 터보냉동기로 교체하였을 경우의 연간 에너지 절감량을 실측결과와 TRNSYS를 이용한 시뮬레이션을 이용하여 분석한 바 있으며, Kim et al.⁽²⁾은 4곳의 건물 공조시스템에 대한 진단 및

[†] Corresponding author

Tel.: +82-31-910-0587; fax: +82-31-910-0246

E-mail address: twlee@kict.re.kr

운전방법 개선사례를 소개한 바 있다. 하지만 아직도 세부 개보수 항목마다의 에너지절약 효과에 대한 정량적인 실측 데이터가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 지역냉난방을 수행하는 중소형 사무용 건물의 공조시설 개보수 및 운전개선을 통한 건물에서의 연간 냉난방 에너지 절약 효과를 분석하고자 한다.

2. K 건물의 현황 및 실증방법

중소형 건물의 시설 개보수 및 운전개선을 통한 에너지절약 효과를 분석하기 위하여 고양시 소재의 K 건물을 선정하였다. K 건물은 지하 1층, 지상 5층으로 구성되어진 사무용 건물로 연면적 8,843 m²의 본관동은 1997년에 준공되어 2011년 현재 14년이 경과되었으며, 연면적 3,560 m²의 증축동은 2008년 상반기에 준공되어 현재 3년이 경과되었다.

열원설비로는 냉방을 위하여 지역난방 중온수를 열원으로 하는 흡수식 냉동기 3대(본관동 252 USRT×2대, 증축동 158 USRT×1대)가 설치되어 있으며, 난방 및 급탕을 위하여 지역난방 중온수용 열교환기 3대(본관동 난방용 591 Mcal/h×2대, 166 Mcal/h×1대)가 설치되어 있다. 공기조화기는 본관동에 총 3대가 설치되어 있다. 본관동에 설치된 흡수식 냉동기 2대는 특별한 경우를 제외하고는 보통 1일씩 교대로 운전을 수행하고 있으며, 난방 열교환기도 보통 1일씩 교대로 운전을 수행하고 있다. 공조방식은 공조기와 팬코일유닛(FCU)을 이용한 수방식을 채택하고 있다. Fig. 1은 공조설비 배관계통도를 도시하고 있다.

K 건물의 현장방문 및 기계실 운영자의 면담을 통하여 공조설비 운영상의 문제점을 개략적으로 정리하면 다음과 같다. 먼저 기계실에 설치된 구형 흡수식 냉동기의 운전성능을 알 수 없어 합리적인 교체시기를 판단할 수 없다는 것이다. 난방 및 급탕용 열교환기의 경우, 외기온도에 따른 난방 운전방법이 명확하지 않아, 현재는 관리자 임의적으로 난방순환펌프를 1대 또는 2대 운전하고 있는 실정이다. 또한 공기조화기의 경우 공조기 냉난방용 유량제어밸브의 구동기 고장으로 유량제어밸브가 완전 개방상태로 냉난방 운전을 하고 있고, 공조기 댐퍼 구동기 고장으로 최적 외기도입 제어를 수행하지 않고 있다는 것이다. 추가적으로 각종 순환펌프에 대한 유지관리 시기 및 교체시기를 알 수 없고, 타 건물에 비하여 전력사용량이 많다는 문제점을 지적하였다.

Fig. 2는 K 건물의 2008년도 월별 에너지 소비량 추이를 도시하고 있다. 냉난방, 급탕에너지 소비량에 비하여 전력소비량이 훨씬 크다는 것을 볼 수 있다. 한편, 공조시스템 중 에너지를 가장 많이 소비하고, 유지관리도 어려운 설비는 열원설비와 공조기이다. 따라서 열원설비와 공조기를 대상으로 성능진단 및 고장진단을 실시하였고, 이에 따라 부착되는 센서

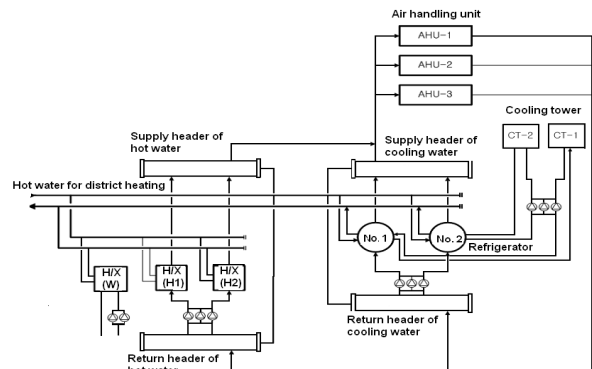


Fig. 1 A schematic diagram of the HVAC system considered.

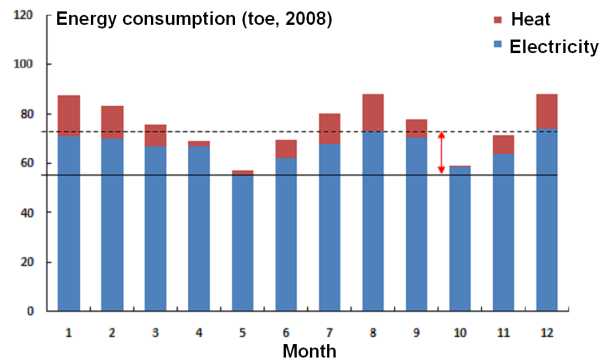


Fig. 2 Monthly energy consumptions in K-office building(2008).

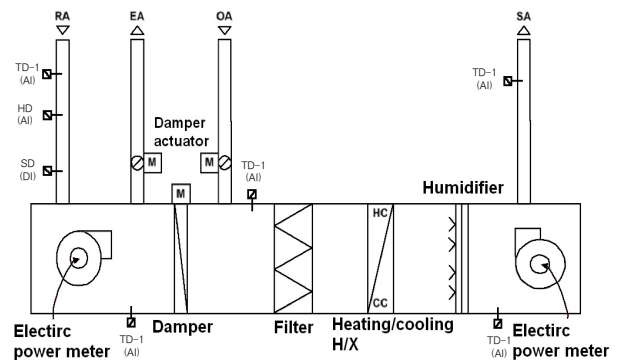


Fig. 3 Sensors installed to collect the operating data from an AHU.

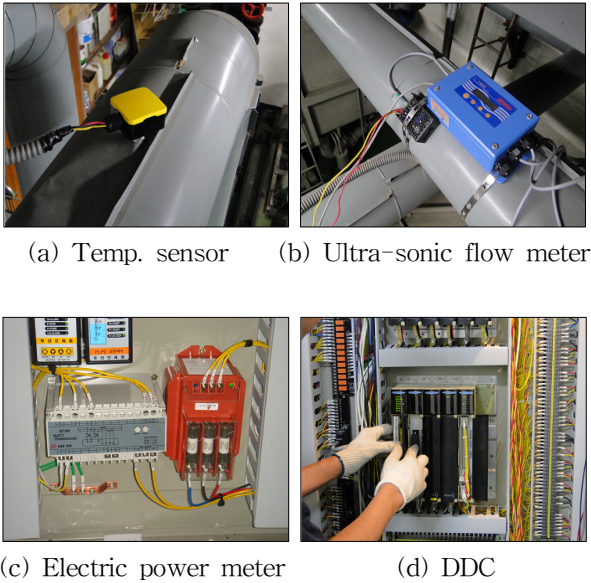


Fig. 4 Various sensors and equipments installed for the data collection.

도 유량계, 온도계, 전력량계 등이 기기별로 다수 설치되었다. Fig. 3은 공기조화기 데이터 수집을 위한 각 종 센서의 위치도를 보여주고 있으며, Fig. 4는 각 종 센서의 설치사진을 보여주고 있다.

Table 1은 데이터 수집 항목 및 방법을 나타내고 있다. 냉수 및 중온수의 유량측정은 배관 외벽에서 유량을 측정할 수 있는 초음파식 유량계(제조사 : 프랑스 Ultra-Flux, 모델 : E- WAVE, 정확도 1% 미만)를 설치하였다. 온도측정은 PT100 센서를 탑재한 온도변환기(정확도 ±0.2℃ 미만, 4~20 mA 출력)를 사용하였고, 전력량 측정은 전력변환기(PD : Power Transducer, 정확도 ±0.2%, 4~20 mA 출력)를 사용하였다. K 건물(본관동)에 중온수 흡수식 냉동기는 2대 설치되어 있으나 1대에만 센서를 설치하였다. 중온수 열교환기는 앞에서도 언급하였듯이 난방용이 2대, 급탕용이 1대 설치되어 있고, 공기조화기는 총 3대가 설치되어 있다. 흡수식 냉동기에는 성능진단 외에 고장진단을 위하여 추가적인 센서를 설치하였다. 즉, 재생기 입·출구 온도, 흡수기 입·출구 온도, 응축기 출구온도 및 증발기 출구온도를 측정하였다.

실증 대상 건물에 설치되어 있는 각 종 센서로부터 현장제어기(DDC), 라우터(router)를 거쳐 수집되는 데이터는 건물 지하 기계실에 설치되어 있는 컴퓨터(PC)에 저장되고, 건물자동제어시스템(BAS : Building Automation System) 운영 프로그램인 WebCTRL(제조사 : 미국 ALC) 및 자체 개발한 데

Table 1 The type and position of sensors installed for the data collection

Item for data collection	No. of point	Method for data collection	
Absorption chiller			
Flow-rate of chilled water	1	Installation	
Inlet and outlet temperatures of chilled water	2		
Flow-rate of district heating water	1		
Inlet and outlet temperatures of district heating water	2		
Inlet and outlet temperatures of cooling water	2		
Temperature of etc.	6		
Heat exchanger for district heating			
Inlet and outlet temperatures of district heating water	4		Installation
Inlet and outlet temperatures of heating water	4		
Inlet and outlet temperatures of hot water	2		
Flow-rate of district heating water	1		
Flow-rate of heating water	1		
Electric power of hot water circulation pump	2		
Air handling unit(AHU)			
Temperatures of supply air, return air and mixed air	9	BAS data	
Front temperature of supply air fan	3	Installation	
Rear temperature of return air fan	3		
CO2	1		
Return air humidity	3		
Electric power of supply air fan	3		
Electric power of return air fan	3		
Opening rate of damper actuator	3	BAS data	
Valve stage of heating and cooling coil	3	BAS data	

이터 전송 전용 소프트웨어인 데몬 프로그램을 통하여 온라인 통합관리센터(성남시 소재)로 1분 간

격으로 전송되어 데이터베이스(DB : database)에 저장된다. 데이터베이스에 저장되어 있는 각종 데이터는 웹기반의 통합관리센터 운영프로그램을 통하여 원격지에서 필요할 때 실시간으로 검색 및 분석할 수 있다.

3. 실증 내용

3.1 냉온수 유량제어밸브 비례제어 운전효과

K 건물에 설치된 공기조화기의 냉온수 유량제어밸브가 고장이 난 상태에서 환기온도가 설정온도에 근접하고 있는데도 난방코일의 유량제어밸브는 100% 열린 상태로 운전됨에 따라 급기온도가 과다하게 상승하며, 실내온도가 상승하여 에너지 낭비 요인이 발생하였다. 따라서 2010년 2월 17일에 밸브 구동기를 교체하였다.

Fig. 5는 공조기 냉온수 유량제어밸브 교체 전후의 공조기(No. 2 : B1, 1F) 운전특성을 도시하고 있

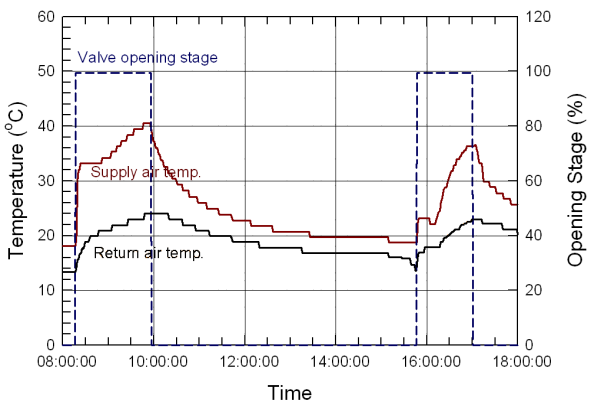
다. 2010년 2월 18일 운전결과에 보인 바와 같이 난방코일 유량조절밸브는 환기온도가 설정온도에 근접하면서 비례 제어되어 운전 중간 시점부터 서서히 닫히기 시작하여 운전시간이 30분 정도 경과한 후에는 거의 닫혔고, 그 이후의 환기온도도 일정하게 유지되고 있다. 밸브 교체 전후의 운전조건이 유사한 일간 데이터를 이용하여 일간 중온수 사용량을 각각 계산하면, 밸브 교체 후의 중온수 절감량은 872 Mcal/d로 밸브 교체 전 중온수 사용량의 23.4%를 절감하였다.

3.2 공조기 환기 설정온도 조정효과

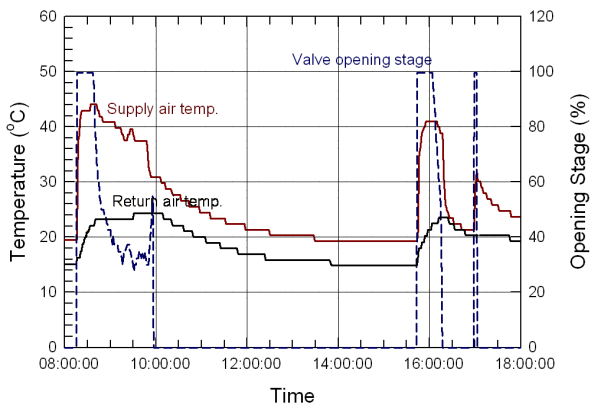
국내 중소형 건물의 유지관리는 대부분 비전문가에 의해 이루어지고 있으며 건물 근무자들의 불평이 없도록 과거에는 과도한 냉난방을 수행하는 경향이 있었다. K 건물에서도 2010년 1월 7일 이전에는 에너지절약에 대한 의식이 부족하였으나, 2010년 1월 7일 이후부터 공공기관 에너지절약 방침에 의하여 에너지절약 의식이 강화되었고, 사무실 실내온도도 적극적으로 관리하기 시작하였다.

Fig. 6은 외기조건이 유사하였을 경우, 공조기 환기 설정온도 조정 전후의 공조기(No. 3 : 2 F~5 F) 운전특성을 도시하고 있다. 운전조건 및 외기조건이 유사한 상태에서 공조기 환기 설정온도를 30℃에서 24℃로 조정함에 따라 일간 중온수 절감량은 1,872 Mcal/d로 설정온도 조정 전 중온수 사용량의 33.5%를 절감할 수 있었다. 이는 공조기 환기온도가 실내온도를 대표한다고 하였을 경우, 실내온도 1℃를 저감함에 따라 약 5.6%의 난방에너지를 절감할 수 있는 수준이다. 국내외 문헌에서도 실내외 온도 변화에 따른 냉난방 에너지 소비량은 1℃당 약 4~7%에 달한다는 보고가 있으며, 일본의 경우 실내 냉난방 설정온도의 적정화를 통해서 냉난방에너지 소비량의 15.4%를 절감한 사례가 보고된 바 있다.

Fig. 7은 K 건물에서 2008년 12월~2010년 3월의 일간 외기 평균온도에 대한 일간 지역난방 중온수 사용량(난방 및 급탕용) 변화를 도시한 것이다. CASE A는 2008년 12월 1일부터 2009년 3월 31일까지의 일간 중온수 사용량과 2009년 11월 1일부터 2010년 1월 7일까지의 일간 중온수 사용량을 일간 평균 외기온도에 따라 도시한 것이며, CASE B는 2010년 1월 11일부터 2010년 3월 31일까지의 일간 중온수 사용량을 일간 평균 외기온도에 따라 도시한 것이

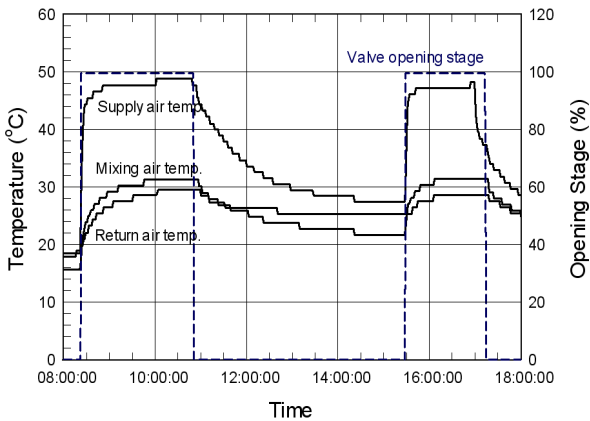


(a) On/off control(2010. 2. 17)

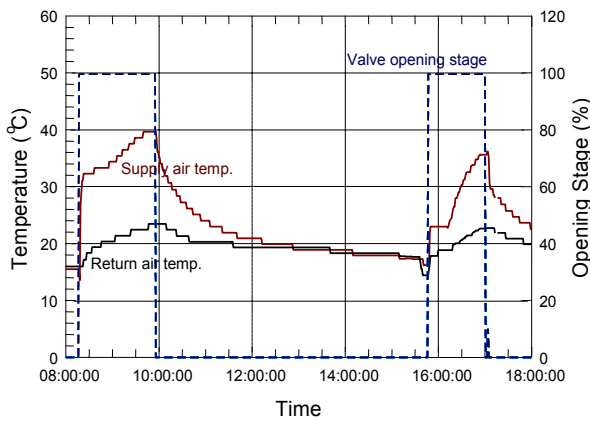


(b) Proportional control(2010. 2. 18)

Fig. 5 Operating characteristics of an AHU.



(a) Setting of return air temp.; 30°C(2009. 12. 16)



(b) Setting of return air temp.; 24°C(2010. 2. 17)

Fig. 6 Variations of operating characteristics with setting temp. of an AHU (2F~5F).

다. 이와 같이 구분한 이유는 2010년 2월 17일을 전후하여 냉난방 유량제어밸브를 보수하였으며, 2010년 1월경에 공조기 환기설정온도를 30°C에서 24°C로 변경하였기 때문이다. 또한, 공공기관 에너지절약 방침에 의하여 2010년 1월 7일 이후로 실내온도를 낮게 관리하였기 때문이다. Fig. 7은 이러한 운전결과를 종합적으로 반영한 것이며, 그에 따른 에너지절약 효과를 분석하면 평균적으로 43.2%에 달한다. 따라서 건물 관리자 및 사용자의 에너지관리 의지, 공조설비의 지속적인 유지관리에 따라 건물 난방에너지가 대폭 절감될 수 있음을 알 수 있다.

한편, K 건물의 공조설비 TAB 진단보고서⁽³⁾에 의하면, 외기조건이 건구온도 -11.9°C이고, 실내조건이 건구온도 20°C일 경우의 본관동 전체 난방부하는 409,204 kcal/h로 계산되었다. 이를 Fig. 7에 보인 바와 같이 실제 난방운영 실적과 비교해보면, 외기조건

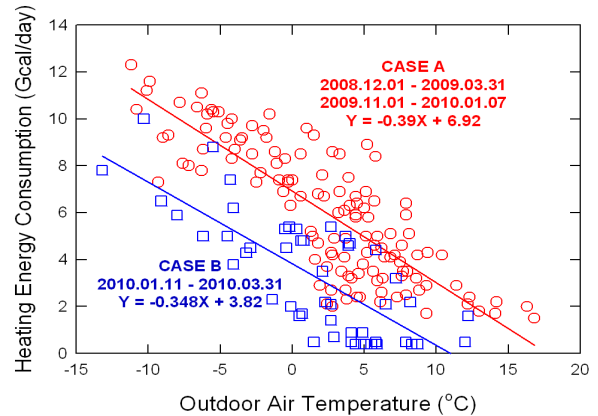


Fig. 7 Variations of heating energy consumptions with outdoor air temperatures.

Table 2 Comparison of the load calculation result and operating results

Classification		Heating load (kcal/h)	Remarks
Load calculation	AHU-1(B1)	13,489	[Outdoor] -11.9°CDB -12.8°CWB 69%RH
	AHU-2(B1, 1F)	43,363	
	AHU-3 (2F~5 F)	638	
	FCU(1 F~5 F)	351,714	[Indoor] 20.0°CDB 12.4°CWB 40%RH
	Total	409,204	
Operating result	CASE A ($Y = -0.39X + 6.92$)*	481,708 (11.56 Gcal/d)	117.7%
	CASE B ($Y = -0.348X + 3.82$)*	331,717 (7.96 Gcal/d)	81.1%

Note) * X : Outdoor air temperature(-11.9°C).

Y : Heating energy consumption(Gcal/d).

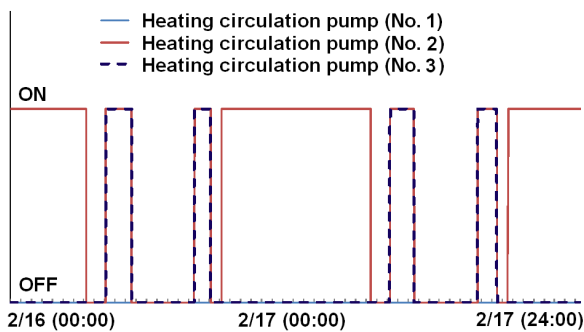
이 건구온도 -11.9°C일 때, CASE A는 481,708 kcal/h로 부하해석 결과에 비하여 117.7%를 보여 실내온도가 20°C 이상을 유지하였음을 유추할 수 있다. 또한, 외기조건이 -11.9°C일 때, CASE B는 331,717 kcal/h로 부하해석 결과에 비하여 81.1%를 보여 실내온도가 20°C 미만을 유지하였음을 유추할 수 있다. Table 2는 난방부하 해석결과와 실제 운영결과를 비교한 것이다.

3.3 동절기 동파방지 운전 개선효과

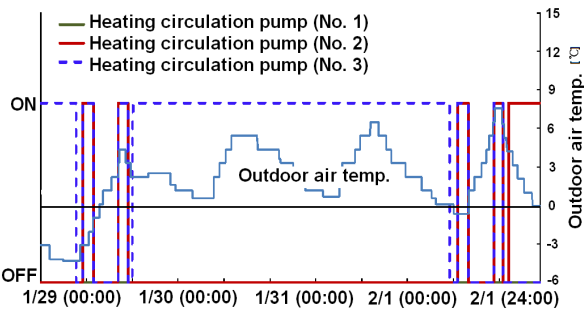
K 건물에서는 동절기 야간에 지역난방 중온수 유

량제어밸브를 약간 열어 놓고, 열교환기 제어온도를 37°C 정도로 설정하여 공조기 및 실험동의 팬코일 유닛(FCU)의 온수 순환을 통하여 배관의 동파를 방지하는 운전을 수행하고 있었다. 또한, 외기온도에 상관없이 동절기에는 주말동안에 배관의 동파방지를 위하여 난방순환펌프를 가동하였다. Fig. 8(a)는 공조설비 동파방지를 위한 주중 난방순환펌프 운전 현황을 도시하고 있다. 난방순환펌프 1번은 예비용이고, 주간에는 난방순환펌프 2번과 3번이 운전되고 있으며, 야간에는 동파방지를 위하여 난방순환펌프 2번이 운전되고 있음을 볼 수 있다. Fig. 8(b)는 주말 난방순환펌프 운전현황을 도시하고 있다. 금요일 오후에 난방순환펌프 한 대(3번 펌프)가 운전을 시작하여 주말동안 계속해서 운전되다가 월요일 새벽에 운전이 정지되고 있는데, 동일한 기간 동안에 외기온도의 변화를 살펴보면 금요일 오전 시간을 제외하고는 거의 영상의 기온을 보이고 있어, 불필요한 운전을 수행하는 것을 볼 수 있다.

일반적으로 BAS에서는 동파방지 운전기능을 대부분 제공하고 있으며, K 건물에서도 기능이 있으나, 층별 FCU에만 적용하였고, 공조기에는 동파방



(a) During a week



(b) During a weekend

Fig. 8 Operating characteristics of the heating circulation pumps for anti-freezing of pipe systems in a K-building.

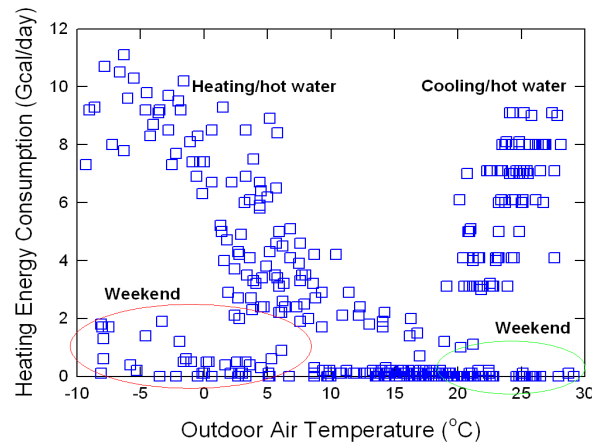


Fig. 9 Variations of annual district heat consumptions with outdoor air temperatures(2009).

지기능을 적용하지 않았다. K 건물에서의 동파방지를 위한 야간 난방 사용열량은 전체 난방 사용열량의 10.6%에 달하며, 동파방지를 위한 주말 난방 사용열량은 전체 난방 사용열량의 7.1%에 달한다. 동파방지 운전 개선을 통한 펌핑동력 절감량은 연간 3,900 kWh/년에 달한다. 자세한 계산방법은 참고문헌⁽⁴⁾을 참고하길 바란다. Fig. 9는 2009년도 K 건물의 외기온도에 따른 일별 냉난방 및 급탕용 중온수 사용량을 도시한 것으로 주말에도 중온수 사용량이 상당한 것을 볼 수 있다.

4. 에너지절약 효과 분석

K 건물의 개보수 및 운전개선을 통한 에너지절약 효과를 종합적으로 분석하면 Table 3에 보인 바와 같다. 먼저, K 건물을 온라인(on-line) 또는 오프라인(off-line)으로 유지관리하면서 난방분야에서 공조기 냉온수 유량제어밸브의 수리(Case ①), 공조기 환기설정온도의 조정(Case ②), 실내온도의 관리(Case ③), 동절기 동파방지운전 개선(Case ④), 난방 및 급탕용 열교환기 오버홀(Case ⑤)에 따른 개보수 전후의 에너지소비량을 분석하였다. 또한, 냉방분야에서는 LCC 분석에 의하여 성능 저하된 흡수식 냉동기를 신형 냉동기로 교체하였을 경우(Case ⑥)의 효과를 분석하였다.

Table 3의 Case ①, ②, ③의 경우 Fig. 7에 보인 바와 같이 실내온도 관리를 포함하였을 경우(Case 1) 난방에너지의 43.2%를 절감하여 절감량은 257 Gcal/y에 달하며, 실내온도 관리를 포함하지 않았을

Table 3 The result of energy saving effects through the retrofit and the optimal operation for the HVAC system

Item		Effect of energy saving		
		Energy saving rate	Amount of energy saving	
			Gcal/y	toe/y
Heating system	Case ㉑ Case ㉒ Case ㉓	43.2% of heating energy (Case 1)	257	25.7
		17.2% of heating energy (Case 2)	102	10.2
	Case ㉔	5.1	30 3.9(MWh/y) [Case ㉔-1]	3.0 0.8
	Case ㉕	8.9	53	5.3
	Effect of energy saving in the heating system(Case 1) (Case ㉑㉒㉓ → Case ㉔ → Case ㉕)			302 3.9(MWh/y)
Effect of energy saving in the heating system(Case 2) (Case ㉑㉒ → Case ㉔ → Case ㉕)			164 3.9(MWh/y)	16.4 0.8
Cooling system	Case ㉖	35% of cooling energy	184	18.4
Total amounts of energy saving			Case 1	49.4
			Case 2	35.6
Energy saving rate in the heating and cooling system(Case 2)				31.2%
Total energy saving rate in a K-building(Case 2)				8.8%

경우(Case 2) 17.2%를 절감하여 절감량은 102 Gcal/y에 달한다. 여기서 K 건물의 연간 난방에너지 사용량은 594 Gcal/y로 적용하였고, 2009년도 난방 및 급탕용 중온수 사용량은 625 Gcal/y, 중온수 사용량 중 급탕용(사무용 건물)은 5%로 추정하였다. 또한, 2009년 12월의 공조기 환기온도는 약 29.2℃이었고, 2010년 2월의 공조기 환기온도는 24.0℃로 5.2℃의 실내온도 편차를 보였으며(공조기 환기온도가 건물의 실내온도를 대표하는 것으로 가정함), 실내외 온도 변화에 따른 냉난방 에너지 소비량은 1℃당 약 4~7%에 달하므로 본 연구에서는 5%를 적용하여, 실내온도 관리에 의한 난방에너지 절감율은 26%(5.2℃×5%/℃)로 가정하였다.

Case ㉔의 경우 공조시스템 동파방지를 위한 난방사용열량은 난방에너지 소비량의 17.7%를 차지하고 있으며, 이 중 동파방지운전 개선을 통한 난방에너지 절감량은 전체 난방에너지 소비량의 5.1%로 추정(17.7%의 29% 수준 : 2009년 12월부터 2010년 2월까지의 일간 평균 외기온도가 영상인 날의 비율 [26일/90일])할 수 있다. 따라서 K 건물의 연간 난방에너지 사용량이 594 Gcal/y이므로 여기에 동파방지 운전개선에 따른 에너지 절감율 5.1%를 적용하면, 연간 30 Gcal을 절감할 수 있다. 또한, 동파방지운전을 개선하면, 난방순환펌프의 소비동력도 절감(Case ㉔-1)할 수 있으므로 이를 계산하면, 3.9 MWh/y으로 산출된다.

Case ㉕의 경우 에너지 절감율을 8.9%로 적용하였으며, 이에 관한 자세한 내용은 참고문헌⁽⁴⁾을 참조하길 바란다. Case ㉖의 경우 K 건물에 설치된 구형 흡수식 냉동기의 하절기 평균 COP는 0.51로 산출되었고, 신형 흡수식 냉동기의 평균 COP는 0.79로 산출되어 구형 냉동기를 신형 냉동기로 교체하였을 경우의 냉방에너지 절감율은 36%로 계산되었다. 따라서 K 건물의 연간 냉방에너지 사용량이 510 Gcal/y이므로 냉방에너지 절감량은 184 Gcal/y에 달한다.

난방분야에서 실내온도 관리를 제외하고 가장 효과가 큰 유지관리 항목은 공조기 환기 설정온도 조정 및 공조기 냉온수 유량제어밸브의 개보수이다. 공조기 환기 설정온도를 2009년도를 포함한 이전에는 관리를 하지 않았으므로 과잉 난방이 되었으며, 2010년 1월 이후에는 공조기 환기 설정온도를 조정함에 따라 실내온도가 적정 수준으로 유지되었다. 동절기 동파방지운전 개선 항목은 건물자동제어시스템의 기능을 적절하게 활용한다면, 간단하게 난방에너지의 약 5.1%를 절감할 수 있으므로 적극적인 활용을 권장해야 한다. 냉방분야에서는 흡수식 냉동기의 성능변화에 대한 실증 데이터를 활용하여 LCC 분석을 수행하였으며, 에너지절약 효과에 대한 보다 자세한 사항은 참고문헌^(4, 5)을 참조하길 바란다.

이와 같이 공조시스템 유지관리 항목을 K 건물에 적용할 경우 실내온도 관리를 포함하면 공조에너지 절감량은 49.4 toe/y에 달하며, 실내온도 관리를 포함하지 않을 경우에는 35.6 toe/y에 달한다. K 건물의 공조에너지 사용량은 2009년도 기준으로 114 toe/y이므로 공조에너지 절감율은 31.2%에 달한다. 또한, K 건물(본관1동)의 총 에너지 사용량이 2009년도 기준으로 406 toe/y(열에너지 사용량은 114 toe, 전기 에너지 사용량은 292 toe)이므로 총 에너지 절감율

(실내온도 관리 미포함)은 8.8%에 달한다. 한편, K 건물(본관1동)의 총 에너지 사용량 중 전기사용량이 72%를 차지하므로 향후 전기에너지를 절감할 수 있는 방안을 강구해야 할 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 중규모의 사무소 건물인 K 건물을 대상으로 온라인 또는 오프라인으로 유지관리하면서, 공조기 냉온수 유량제어밸브의 수리, 공조기 환기 설정온도의 조정, 실내온도의 관리, 동절기 동파방지운전 개선 등의 시설 개보수 및 운전방법을 개선하였으며, 이에 따른 에너지 절감효과를 정량적으로 분석하였다.

K 건물에 대한 실증결과, 공조시설 및 운전 개선을 통한 공조에너지 절감량은 실내온도 관리를 포함하여 49.4 toe/y에 달하며, 실내온도 관리를 포함하지 않을 경우에는 35.6 toe/y에 달한다. K 건물의 공조에너지 사용량은 2009년도 기준으로 114 toe/y이므로 공조에너지 절감율은 31.2%에 달하며, K 건물의 총 에너지 사용량 대비 8.8%(실내온도 관리 미포함)을 절감할 수 있었다.

향후, 온라인 건물통합관리 시스템을 이용하여 다수의 건물에 대한 운전 데이터를 지속적으로 수집할 예정이고, 관리하고 있는 건물에 대한 시설 및 운전개선 효과를 계속 검토할 예정이다.

후 기

본 연구는 2009년도 서울시의 재원(서울형산업 기술개발지원사업)으로 서울시정개발연구원(SDI)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(과제번호 : ST09 0845).

본 논문은 대한설비공학회 2011년도 하계학술대회에서 발표⁽⁶⁾한 내용을 일부 수정 및 보완하여 게재한 것입니다.

참고문헌

1. Bae, C. H., Kim, Y. I., and Chung, K. S., 2011, Analysis of Energy Consumption and Research on Energy Saving of Lighting and Cooling Energy of a Superstore, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 23, No. 4, pp. 342-348.
2. Kim, D. S., Kim, C. Y., Um, C. J., and Song, E., 2008, Case Studies of HVAC System Through Energy Audit, Proceedings of the SAREK 2008 summer annual conference, pp. 0066-0071.
3. Woo Won T&C Corp., 2005, Report of TAB for HVAC systems, Report of KICT, pp. 64-89.
4. KICT, 2010, A Verification Study on the Control and Management System Included the Performance Diagnosis of the HVAC System, Report of MKE(Ministry of Knowledge Economy)[2006-E-BD11-P-01], pp. 231-330.
5. Kim, Y. K. and Lee, T. W., 2010, A Field Performance Test of Absorption Chillers, Proceedings of the KSME 2010 fall annual conference, pp. 3777-3782.
6. Kim, Y. K. and Lee, T. W., 2011, An Analysis of the Energy Saving Effects through Retrofit and Optimal Operation in Medium Sized Building, Proceedings of the SAREK 2011 summer annual conference, pp. 654-659.