사무소 건축물의 공조시스템 대수제어 여부에 따른 LCC 분석

박 률†, 정 순 성*
동의대학교 건축설비공학과, *동명정보대학교 건축공학과

Life Cycle Costing through Operating Number Control of Air Conditioning Systems in Office Buildings

Yool Park†, Soon-Sung Jung*
Department of Architectural Equipment, Dongeui University, Busan 614-714, Korea
**Department of Architectural Engineering, Tongmyung University of IT, Busan 608-711, Korea*

(Received July 25, 2002; revision received October 7, 2002)

ABSTRACT: Generally, the term "energy saving is economical" is appropriate for the national view point and for design and assessment of one system, but not appropriate when choosing the system by comparing alternative systems in the early design step. Sometimes, non-energy saving system is more economical than energy saving system because of the price of electricity, gas or oil, which are used for operating the air conditioning system. Therefore, when designing the system, we should consider the efficient alternatives through economic assessment of energy saving method. However, research on non-operating number control of the system is not sufficient because it is more common to use operating number control of the system for most economic assessment of air conditioning system. For this reason, this research can provide the economics through operating number control as basic design data. The data obtained through assesment of Life Cycle Cost based on amount of yearly energy use, were produced by system simulation of HASP/ACLD/8501 and HASP/ACSS/8502 for six alternative heating/cooling systems based on constant air volume conditioning system, which is widely used for medium and large office buildings in Busan.

Key words: Life cycle costing(LCC 분석), Operating number control(대수제어), Non-operating number control(비대수제어), Present cost(현가)

기 호 설 명

AC : 공기조화
a_P : P년도의 유지비 [원/년]
E : 전기
e : 물가상승률 [%]
G : 액화천연가스 [LNG]
HC : 냉·난방
i : 이자율 [%]
I_O : 초기투자비 [원]
n : 내용연수 [년]
$NONC$: 비대수제어
O : 경유
ONC : 대수제어
P : 현가 [원]
R : 폐각비 [원]

† Corresponding author
Tel.: +82-51-890-1984; fax: +82-51-898-3462
E-mail address: pyool@dongeui.ac.kr

1. 서 론

현대건축은 생활수준의 향상과 더불어 대형화, 고급화되어 가고 있으며, 재실자들의 쾌적한 심리적, 물리적 환경에 대한 욕구가 날로 증가함에 따라 공기조화설비의 중요성이 증대되고 있다. 이로 인해 건축물에서의 에너지 소비량이 증가하게 되어 냉·난방 온도의 조정, 열원기기의 대수제어운전, 기간공조, 폐열회수, 자연 및 미이용 에너지의 활용 등과 같은 다양한 에너지 절약수법들이 모색되고 있다.

일반적으로 "에너지 절약적이면 경제적이다"라는 것은 국가적 차원 및 단일 시스템을 설계·평가시의 개념이며, 초기계획단계에서 설정한 대안 시스템의 비교를 통해 경제적인 대안을 선정시에는 부적합한 개념이라 할 수 있다. 그것은 공조시스템의 운전에 사용되는 전기, 가스, 경유 등과 같은 에너지원의 가격 차이로 인해 비에너지 절약적인 시스템이 절약적인 시스템에 비해 경제적일 수 있기 때문이다. 따라서 시스템 설계시에는 에너지 절약수법을 최대한 반영한 상황에서 경제성 평가를 통해 가장 효율적인 대안을 선정할 필요가 있다. 그러나 공조 등의 시스템에 대한 경제성 평가에 관한 연구들[1-5]은 대부분 에너지 절약수법 중 가장 보편적으로 사용하고 있는 열원기기의 대수제어를 기본으로 하고 있어, 비대수제어시의 경제성에 대한 연구가 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 부산지방의 중·대규모 사무소 건축물을 대상으로 현재 널리 적용되고 있는 정풍량 공조시스템을 기반으로 한 6가지 대안 열원시스템에 대해 대수제어 여부에 따른 경제성을 HASP/ACLD/8501 및 HASP/ACSS/8502의 시스템 시뮬레이션(system simulation)에 의해 산출된 연간 에너지 소비량을 바탕으로 LCC(Life Cycle Cost) 분석을 통하여 검토해 봄으로써 설계의 기초자료로 제공하고자 한다.

2. LCC 분석방법 및 구성요소 기준설정

LCC 분석법은 그 사용목적에 따라 단일 시스템의 경제성을 파악하기 위한 것과 시스템 계획단계에서 설정한 대안의 비교를 통해 가장 경제적인 안을 선정하기 위한 것으로 분류할 수 있으며, 일반적으로는 후자의 경우가 가장 보편적인 의미로 사용되고 있다. LCC 분석법은 각 대안 비교에 있어 시간적 가치에 대해 공통의 시점으로 환산하는 방법에 따라 현가법, 종가법, 연가법으로 구분할 수 있으나, LCC 분석시에는 현가법을 일반적으로 사용하고 있다.

현가법은 검토하는 시점 이후에 발생하는 지출을 현시점의 가격으로 환산하여 합계하는 것으로, 현가 P는 유지비에 매년의 물가상승률를 고려하는 것으로 식(1)과 같이 표현된다.

$$P = I_o + \sum_{p=1}^{n} a_P \frac{(1+e)^P}{(1+i)^P} + \frac{R}{(1+i)^n} \quad (1)$$

a_P가 매년 같다면($a_P = a$), 식(1)은 식(2)와 같이 정리된다.

$$P = I_o + a(PWA) + \frac{R}{(1+i)^n} \quad (2)$$

식(2)의 PWA는 매년 동일하게 발생되는 반복비용에 대한 연금현가계수로서 식(3)과 같다.

$$PWA = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (3)$$

또한 반복비용 중에서 에너지비용, 상하수도비, 제세금 및 보험료와 같이 상승률 있는 경우의 연금현가계수(PWA')는 식(4)와 같다.

$$PWA' = \frac{\left\{\left(\frac{1+e}{1+i}\right)^n - 1\right\}}{\left\{1 - \left(\frac{1+i}{1+e}\right)\right\}} \quad (4)$$

LCC 분석시 적용되는 구성요소는 식(1)에서와 같이 크게 초기투자비, 유지비, 폐각비로 분류된다.

초기투자비는 대안 시스템의 공사시 소요되는 기기의 제품가격, 수송비, 설치비, 시운전조정비 및 배관·덕트 공사비 등의 제반 비용이다. 유지비는 에너지비, 상·하수도비, 보전비, 일반관리비로 분류되며, 일반관리비는 운전인건비와 제세금 및 제보험료로 구성되어진다. 제세금에는 재산세, 도시계획세, 교육세, 취득세, 등록세가 있으

Table 1 Premise condition of taxes and fire premium

Property tax	Inital cost×0.8×0.003× *PWA'*
City planning tax	Inital cost×0.8×0.002× *PWA'*
Education tax	Property tax×0.2
Acquisition tax	Inital cost×0.8×0.02
Registration tax	Inital cost×0.8×0.008
Fire premium	Inital cost×0.00078× *PWA'*

며, 제보험료는 화재 및 기계보험료 등의 손해보험료로서, 일반적으로 손해보험은 재산의 소유자가 판단하여 가입하는 것으로 설비시스템의 보험은 대부분 화재보험이다. 폐각비는 철거비와 매각비로 분류된다. 특히 LCC 분석시 많은 비중을 차지하는 유지비 항목 중 일반관리비의 계산시에는 현재까지 국내의 경우 대부분 일본의 자료[6]를 적용하고 있으나, 각종 세금 및 보험료의 세율과 보험료 기본요율이 국내실정에 다소 부합되지 않는 점이 있어, 본 연구에서는 이를 Table 1과 같이 국내실정에 맞도록 정리하였다.

3. 대수제어 여부에 따른 LCC 분석

3.1 샘플건물 및 공조시스템 대안설정

건축물에서 소비되는 에너지량은 열부하의 주된 요인인 건축적 특성과 이를 해소시키기 위한 공조시스템의 설비적 특성에 영향을 받는다. 열부하에 영향을 미치는 건축적 인자는 연면적, 창면적비, 기준층, 바닥면적, 향, 층수, 장단변비, 구조체의 열관류율 등과 같이 다양하기에 단일 공조시스템에 대한 시스템 시뮬레이션을 실시하기 위해서는 이들 각 인자들이 건축물의 에너지 소비에 얼마만큼 영향을 미치는지를 파악한 후, 그에 따라 샘플건물이 선정되어야 한다. 그러나 하나의 건축물 내에서 다양한 공조시스템간의 경제성을 비교, 평가할 경우에는 동일한 열부하를 갖는 건축적 특성보다는 설비적 특성이 중요하다. 또한 본 연구에서와 같이 연간 에너지 소비량 산출자료를 바탕으로 공조시스템에 대한 경제성을 평가한 후, 이를 실용적인 기초자료로 제시하기 위해서는 계획된 건축물을 대상으로 하는 것이 효과적이라 할 수 있다.

Table 2 Summary of sample buildings

Name of sample building		S-1	S-2
Gross area (m^2)		29,184	12,902
HVAC gross area (m^2)		18,540	6,948
Stories below, above ground		3, 15	2, 5
Ratio of window area (%)		35.6	28
Cooling load (kW)	Room	2,284	831
	Equipment	3,067	1,083
Heating load (kW)	Room	1,516	542
	Equipment	2,745	988

따라서 본 연구에서의 샘플건물은 기 설계된 건축물 중 열부하에 영향을 미치는 건축적 인자의 경우 기존의 사무소 건축물에 대한 실태조사 자료[7]를 바탕으로 채택빈도가 높은 요소 및 재료를 중심으로 선정하였다. 규모는 공조시스템이 일반적으로 적용되고 있는 중규모 이상을 기준으로 하였다.

샘플건물은 Table 2에서와 같이 철골·철근 콘크리트조의 중(S-2)·대규모(S-1) 사무소용 건축물로서 정남향이다. 외벽의 마감재는 S-1의 경우 알루미늄 복합판넬이며, S-2는 화강석이다. 외벽, 내벽의 열관류율은 S-1의 경우 0.62 $W/m^2 \cdot K$,

Table 3 HVAC system cases

AC system	Constant air volume+Fan coil unit	
HC system	Cooling	Heating
Case-Ⅰ	Centrifugal refrigeration machine for electricity	Steam boiler for LNG
Case-Ⅱ	Centrifugal refrigeration machine for electricity	Steam boiler for light oil
Case-Ⅲ	Absorption refrigeration machine for LNG	Steam boiler for LNG
Case-Ⅳ	Absorption refrigeration machine for light oil	Steam boiler for light oil
Case-Ⅴ	Absorption chiller-heater for LNG	
Case-Ⅵ	Absorption chiller-heater for light oil	

2,44 W/m^2 · K이며, S-2는 0.65 W/m^2 · K, 3.07 W/m^2 · K이다. 1층 바닥 및 지붕의 열관류율은 S-1, S-2 샘플건물 공히 0.57 W/m^2 · K, 0.49 W/m^2 · K이다. 최대 열부하계산법에 의한 S-1, S-2의 연공조면적당 냉 · 난방 열원부하는 각각 3,067 kW · 2745 kW, 1083 kW · 988 kW이다.

또한 설정한 대안 열원시스템은 Table 3과 같이 하계와 동계로 구분하여, 각 기기별로 에너지원(전기, LNG, 경유)을 적용하여 6가지로 분류하였으며, 여기에 열원기기 및 펌프류에 대한 대수제어와 비대수제어로 다시 구분하였다.

3.2 시스템 시뮬레이션 조건 및 연간 에너지 소비량 산출

전술한 샘플건물에 대해 공조시스템의 에너지 비용을 추정하고 이를 바탕으로 경제성을 분석하기 위해서는 우선 정확한 연간 에너지 소비량이 산출되어야 한다.

이에 본 연구에서는 국제적으로 공인받고 있는 HASP/ACLD/8501 및 HASP/ACSS/8502를 사용하였다. 시스템 시뮬레이션은 Table 4와 같이 시스템 설계를 통해 산출된 각 장비의 용량을 기본적으로 반영하였다. 또한 Table 3의 대안을 중심으로 열원기기 및 펌프류에 대한 대수제어 및 비대수제어로 나누어 시스템 시뮬레이션을 실시하였다. 일반적으로 열원기기의 운전방식에는 단일운전에 의한 비대수제어 및 복수대 분할운전에 의한 대수제어로 분류할 수 있으며, 이중 대수제어의 경우에는 용량을 달리 분할하거나 동일하게 할 수 있지만, 현재 실무에서는 대부분 동일용량으로 분할운전하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서의 대수제어는 동일용량 분할을 기준으로 하였다.

시뮬레이션 조건으로는 공조기의 경우 하계는 단열혼합+냉각 상태이며, 동계는 단열혼합+가열+순환수 가습이다. 냉동기의 냉수 입 · 출구 온도는 각각 12℃, 7℃이며, 냉각수의 입 · 출구 온도는 각각 37℃, 32℃이다. 난방용 온수온도는 60℃이다. 흡수식 냉동기 및 노통연관식 증기보일러의 사용압력은 785 kPa이다.

공조시스템은 Fig. 1과 같이 CAV+FCU 시스템으로 한층의 바닥면적을 고려하여 단일덕트 각층 유니트 방식으로 계획하였으며, 각 층별로 공조기는 내부존을, FCU는 실 깊이 5 m의 외부존

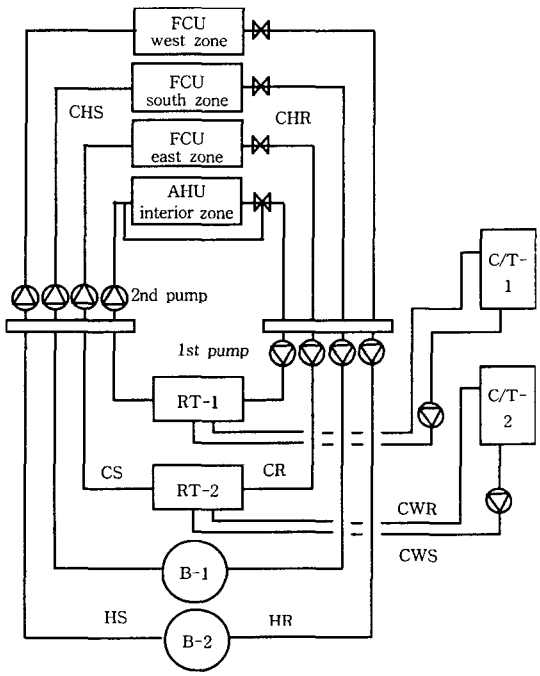

Fig. 1 Flow diagram of operation number system.

Table 4 Main equipment capacity of systems

Categories		S-1		S-2	
		ONC	*NONC*	*ONC*	*NONC*
AHU of standard story	Cooling coil (kW)	130×1 EA	130×1 EA	145×1 EA	145×1 EA
	Air volume of SF (CMH)	17,270×1 EA	17,270×1 EA	18,520×1 EA	18,520×1 EA
Refrigerator (kW)		1,583×2 sets	3,166×1 set	528×2 sets	1,056×1 set
Cooling tower (kW)		2,041×2 sets (2,722×2 sets)*	4,082×1 set (5,444×1 set)	680×2 sets (907×2 sets)	1,360×1 set (1,814×1 set)
Steam boiler (kW)		1,872×2 sets**	3,744×1 set	748×2 sets	1,496×1 set

* Capacity only Case-Ⅲ to Case-Ⅵ ** Capacity only Case-Ⅰ to Case-Ⅳ

부하를 담당하도록 하였다. 외기부하의 감소를 위하여 공조기에 전열교환기를 설치하였으며, 공조기는 3방밸브(3-way valve)에 의하여, FCU는 2방밸브(2-way valve)에 의한 유량제어가 가능토록 하였다. 실내조건은 건구온도의 경우 동·하기 각각 20℃, 26℃, 상대습도의 경우 40%, 50%이며, 냉온수 순환펌프는 1, 2차로 분할 운전토록 하였다. 또한 부산지방의 표준기상데이타를 사용하였으며, 냉방 및 난방기간은 각각 6월~9월, 12월~익년 3월이다. 조명발열량은 25 W/m^2, 재실인원수는 바닥면적당 0.2인, 신선외기도입량은 25 m^3/인·h를 사용하였다. 침입외기량의 산출은 환기횟수법으로 동·하기 0.3회, 구조체의 열용량은 12.6 kJ/m^3·K로 하였다. 입력 데이타는 기기의 정격능력 및 입력을 고려하여야 열매온도와 부하율에 의한 성능의 변화를 기기특성으로 보정할 수 있으므로, 시스템 설계시 선정한 장비 및 기기류의 부분부하 특성을 시뮬레이션상에 반영하였다.

Table 5는 상기의 조건을 바탕으로 공조방식, 열원방식, 펌프 및 팬류의 반송계를 포함하여 산출한 에너지원별 연간 에너지 소비량이다.

일반적으로 공조시스템에서 소비된 에너지량을 비교하기 위해서는 그의 단위가 동일하게 취급되어야 하므로, 본 연구에서는 시스템 설계단계에서 기기선정시 각 기기에 적용된 저위발열량, 즉 전기의 경우 10,500 kJ/kw, LNG의 경우 46,200 kJ/m^3, 경유의 경우 36,120 kJ/L를 사용하여 Table 5의 에너지원별 소비량을 1차 에너지로 환산하였다. 그 결과 Fig. 2에서와 같이 두 샘플건물에서 터보 냉동기+경유용 증기보일러 방식(Case-Ⅱ)이 가장 에너지 절약적인 것으로 나타났다. 또한 대수제어시가 비대수제어시에 비해 터보 냉동기 방식(Case-Ⅰ, Ⅱ), 흡수식 냉동기 방식(Case-Ⅲ, Ⅳ), 흡수식 냉온수기 방식(Case-Ⅴ, Ⅵ)에서 각각 평균 12.4%, 30.2%, 11.7% 정도 절약되는 것으로 나타났다.

Table 5 Source energy for HVAC systems

Categories		S-1		S-2	
		ONC	*NONC*	*ONC*	*NONC*
Case-Ⅰ	*E* (Mw)	569.639	657.315	193.348	209.761
	G (km^3)	22.336	27.576	7.988	10.333
Case-Ⅱ	*E* (Mw)	570.748	658.415	193.961	210.212
	O (kL)	27.445	34.684	9.837	12.641
Case-Ⅲ	*E* (Mw)	407.393	495.966	130.814	150.294
	G (km^3)	148.966	239.410	62.464	95.305
Case-Ⅳ	*E* (Mw)	419.277	515.650	138.982	159.760
	O (kL)	182.951	301.120	76.927	116.585
Case-Ⅴ	*E* (Mw)	418.756	518.417	135.108	158.645
	G (km^3)	82.113	85.500	29.851	31.429
Case-Ⅵ	*E* (Mw)	419.855	520.184	136.272	159.626
	O (kL)	94.615	98.620	34.409	36.179

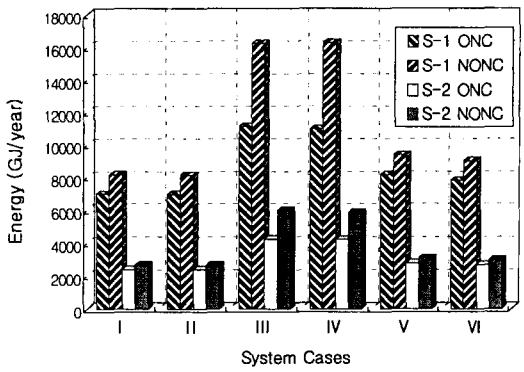

Fig. 2 Energy consumption of system cases.

3.3 LCC 분석 및 검토

대안 시스템에 대한 경제성을 정확히 평가하기 위해 본 연구에서는 내용연수 및 시간적 가치 등에 대한 종합적인 고려가 가능한 LCC 분석법을 사용하였다. 장비별 내용연수는 국내의 경우 주택건설촉진법에서 유일하게 종류에 관계없이 보일러와 펌프에 대해서만 각각 15년, 10년으로 제시되어 있는 반면, 일본 건설성의 경우 터보 냉동기, 흡수식 냉동기 및 연관보일러, 펌프류별로 내용연수를 15년으로 제시하고 있다.[8]

이에 본 연구에서는 공조시스템에 대한 LCC 분석시에 각 장비의 내용연수를 15년으로 가정하였으며, 각 장비의 내용연수가 유사할 때 적용되는 현가법을 중심으로 공조시스템별로 내용연수 15년에 대한 총비용를 산출하였다. 또한 각 기기별 가격은 관련회사의 견적 및 2002년 5월호 물가정보를 기준으로 하였다. 상·하수도비의 산출을 위한 보급수량은 시스템 시뮬레이션에 의한 결과치를, 보전비는 초기투자비의 1.5%를 적용하였으며, 일반관리비의 경우 Table 1의 제세금 및 화재보험료를 기준으로 공동비용인 운전인건비는

Table 6 Price of source energy (May, 2002)

Kind	Price
Electricity (the general)	Base rate: 7,680 Won/kw Use rate: July, August 96.5 Won/kw October~March 67.2 Won/kw The others: 62.8 Won/kw
LNG (business)	Heating rate: 496.18 Won/m^3 Cooling rate: 293.83 Won/m^3
Light oil (the general)	655 Won/L
City water (business)	Base rate: 14,500 Won Use rate: 760 Won/m^3 (over 300 m^3) 740 Won/m^3(100~300 m^3)
Drain (business)	Use rate: 780 Won/m^3(over 300 m^3) 750 Won/m^3(100~300 m^3)

제외하였다. 에너지원별 단가는 Table 6을, 이자율은 1984~2001년까지의 건설업의 차입금 평균 이자율 12%를, 물가상승률은 10%를, 상·하수도비 상승률은 1992~2001년까지의 평균 상승률 9%를, 세금 및 보험료 상승률은 3%를, 에너지비 상승률은 1980~2001년까지의 전기, LNG, 경유에 대한 평균 상승률 15%, 8%, 18%[(2)]를 적용하였다.

Table 7은 샘플건물별 각 대안에 대한 초기투자비 내역으로서, 전 대안에서 전기용 터보 냉동기+경유용 증기보일러 방식(Case-Ⅱ)이 가장 경제적인 것으로 나타났다. 또한 대수제어시가 비대수제어시에 비해 S-1의 경우 터보 냉동기 방식(Case-Ⅰ, Ⅱ), 흡수식 냉동기 방식(Case-Ⅲ, Ⅳ), 흡수식 냉온수기 방식(Case-Ⅴ, Ⅵ)에서 각각 3%, 5%, 6% 정도 높았으며, S-2의 경우 17%, 12%,

Table 7 Initial cost of system cases (Unit: 1,000 Won)

Categories		S-1						S-2					
		Case-Ⅰ	Case-Ⅱ	Case-Ⅲ	Case-Ⅳ	Case-Ⅴ	Case-Ⅵ	Case-Ⅰ	Case-Ⅱ	Case-Ⅲ	Case-Ⅳ	Case-Ⅴ	Case-Ⅵ
AHU+FCU+Total heat exchanger	*ONC*	485374	485374	485374	485374	485374	485374	162423	162423	162423	162423	162423	162423
	NONC	485374	485374	485374	485374	485374	485374	162423	162423	162423	162423	162423	162423
Refrigerator+ Cooling tower	*ONC*	282100	282100	428580	428580	479100	479100	168920	168920	190240	190240	216440	216440
	NONC	238080	238080	354000	354000	377200	377200	110080	110080	146400	146400	159400	159400
Steam boiler	*ONC*	100800	91200	100800	91200	-	-	72000	61800	72000	61800	-	-
	NONC	73800	68700	73800	68700	-	-	46400	39200	46400	39200	-	-
Pumps+Piping	*ONC*	139982	139982	170724	170724	170724	170724	49000	49000	58728	58728	58728	58728
	NONC	175800	175800	209452	209452	209452	209452	56533	56533	66494	66494	66494	66494
Total	*ONC*	1008256	998656	1185478	1175878	1135198	1135198	452343	442143	483391	473191	437591	437591
	NONC	973054	967954	1122626	1117526	1072026	1072026	375436	368236	421717	414517	388317	388317

Table 8 Present cost to fifteen years of useful life (Unit: 1,000 Won)

Categories		S-1						S-2					
		Case-Ⅰ	Case-Ⅱ	Case-Ⅲ	Case-Ⅳ	Case-Ⅴ	Case-Ⅵ	Case-Ⅰ	Case-Ⅱ	Case-Ⅲ	Case-Ⅳ	Case-Ⅴ	Case-Ⅵ
Initial cost	*ONC*	1008256	998656	1185478	1175878	1135198	1135198	452343	442143	483391	473191	437591	437591
	NONC	973054	967954	1122626	1117526	1072026	1072026	375436	368236	421717	414517	388317	388317
Energy cost	*ONC*	2521611	2804452	1743703	3958133	1522043	2618600	832524	934316	594494	1534973	482877	885000
	NONC	2681823	3042986	2236264	5924940	1701077	2836356	854414	984359	753208	2175511	532826	951060
City water & Drain cost	*ONC*	64051	64051	57762	58361	94392	90574	22824	22824	20486	20743	33956	32498
	NONC	67383	67383	60514	61188	96563	92838	23297	23297	20958	21234	34274	32870
Maintenance cost	*ONC*	102993	102012	121096	120115	115960	115960	46206	45164	49378	48336	44699	44699
	NONC	99397	98876	114676	114155	109507	109507	38350	37615	43078	42342	39666	39666
Taxes	*ONC*	59560	58993	70030	69462	67059	67059	26721	26118	28555	27952	25849	25849
	NONC	57481	57180	66317	66015	63328	63328	22178	21752	24912	244868	22939	22939
Fire premium	*ONC*	6437	6376	7569	7508	7248	7248	2888	2823	3086	3021	2794	2794
	NONC	6213	6180	7168	7135	6844	6844	2397	2351	2692	2646	2479	2479
Total	*ONC*	3762991	4034543	3185640	5389459	2941902	4034640	1383508	1473391	1179392	2108218	1027768	1428433
	NONC	3885352	4240561	3607566	7290961	3049347	4180901	1316074	1437612	1266567	2680739	1020502	1437332

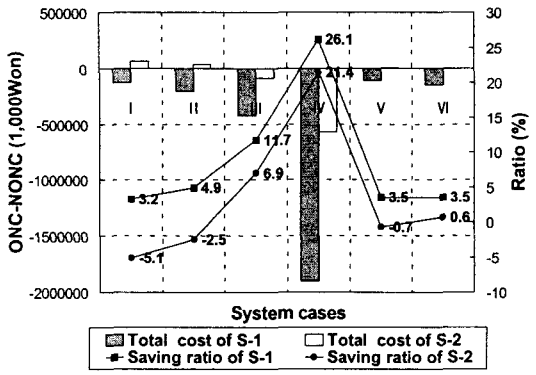

Fig. 3 Total present cost differentials and saving ratio of sample buildings between *ONC* and *NONC*.

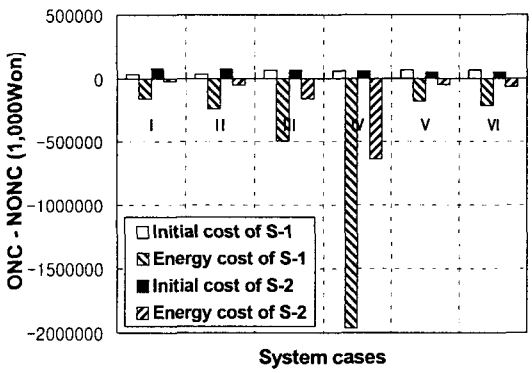

Fig. 4 Initial cost and energy cost differentials of system cases between *ONC* and *NONC*.

11%로 S-1보다 비교적 높게 나타났다.

상기의 조건을 기준으로 대안별 내용연수 15년에 대한 현가를 산출한 결과는 Table 8과 같다. 대안 시스템간에서는 두 샘플건물에서 가스용 흡수식 냉온수기 방식(Case-Ⅴ)이 가장 경제적이었으며, 경유용 흡수식 냉동기+경유용 증기보일러 방식(Case-Ⅳ)의 현가가 가장 높게 나타났다.

Fig. 3은 샘플건물별 대수제어시에 대한 비대수제어시의 총현가 차와 그때의 절감비율을 나타낸 것으로 대규모 건축물인 S-1에서는 전 대안 시스템이 대수제어를 적용한 시스템이 보다 경제적인 것으로 나타났다. 중규모 건축물인 S-2에서는 LNG용 및 경유용 흡수식 냉동기 방식(Case-Ⅲ, Ⅳ)과 경유용 흡수식 냉온수기 방식의 경우 대수제어를 적용한 시스템이 보다 경제적인 것을 보인 반면, 현재 열원방식으로 널리 적용되고 있는 전기용 터보냉동기 방식(Case-Ⅰ, Ⅱ)과 LNG용 흡수식 냉온수기 방식(Case-Ⅴ)의 경우 비대수제어 방식이 보다 경제적인 것으로 나타나 건축물의 규모에 따라 다소 차이를 보였다. 이는 Fig. 4에서와 같이 대수제어시와 비대수제어시간의 초기투자비 차액에 비해 에너지비의 차액이 적게 발생함에 따른 것으로 판단된다.

따라서 에너지 절약적 차원에서는 대수제어 시스템의 적용이 권장되어야 하지만, 경제적 측면을 고려하다면 초기계획단계에서 공조시스템 설계시 열원기기 등에 대한 대수제어 시스템을 적용할 경우에는 보다 신중히 검토되어야 할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 사무소 건축물을 대상으로 공조시스템을 기반으로 한 6가지 대안 열원시스템에 대해 대수제어 여부에 따른 경제성을 시스템 시뮬레이션에 의해 산출된 연간 에너지 소비량을 바탕으로 내용연수 15년에 대해 검토하였다. 연구결과를 종합하면 다음과 같다.

(1) 에너지 절약적인 측면에서는 대수제어시가 비대수제어시에 비해 터보 냉동기 방식, 흡수식 냉동기 방식, 흡수식 냉온수기 방식에서 각각 평균 12.4%, 30.2%, 11.7% 정도 절약되는 것으로 나타났다.

(2) 초기투자비 측면에서는 전 대안에서 전기용 터보 냉동기+경유용 증기보일러 방식이 가장 경제적인 것으로 나타났다. 또한 대수제어시가 비대수제어시에 비해 대규모 샘플건물의 경우 터보 냉동기 방식, 흡수식 냉동기 방식, 흡수식 냉온수기 방식에서 각각 3%, 5%, 6%, 중규모 샘플건물에서는 17%, 12%, 11%로 높게 나타났다.

(3) 내용연수 15년에 대한 현가에서는 대규모 샘플건물의 경우 전 대안에서 대수제어를 적용한 시스템이 보다 경제적인 것으로 나타났다. 중규모 샘플건물의 경우 LNG용 및 경유용 흡수식 냉동기 방식과 경유용 흡수식 냉온수기 방식에서는 대수제어를 적용한 시스템이 보다 경제적인 것을 보인 반면, 현재 열원방식으로 널리 적용되고 있는 전기용 터보 냉동기 방식과 LNG용 흡수식 냉온수기 방식에서는 비대수제어 방식이 보다 경제적인 것으로 나타났다. 따라서 공조시스템 설계

시 열원기기 등에 대한 대수제어 시스템을 적용하고자 할 경우에는 보다 신중히 검토되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Yoon, D. W., Yee, J. J., Chung, K. S., Han, H. T. and Jung, S. S., 2000, Study on the development of optimal alternative selection model to renew building equipments system, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 12, No. 10.
2. Park, Y., 1998, Study on the evaluation of efficiency of HVAC system by energy cost factor, MS thesis, Donga University, Busan, Korea.
3. Park, M. Y. and Kim, M. J., 1995, Study on the economics of HVAC equipment system by life cycle costing in hotels, Korea Journal of Architectural Institute, Vol. 11, No. 9.
4. Nahara, H., 1993, Friendly LCC of Architectural Equipment(5), The Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan Journal, Vol. 67, No. 3, pp. 17-23.
5. Wilkinson, V. K., 1989, Life Cycle Cost Analysis of US Air Force Heating Plant, Oak Ridge National Laboratory.
6. Japan building mechanical and electrical engineers association, 1992, Building services design manual I -Section of air conditioning, Gijutsu-Shoin, Tokyo, p. 344.
7. Korea Energy Management Corporation, 1994, Development of Program Checking Energy Conservation for Architectural Design, pp. 59-66.
8. Park, Y. and Yee, J. J., 2000, Validating the applicability of Energy Cost Factor for Evaluation of the Efficiency in HVAC Design Process, Korea Journal of Architectural Institute, Vol. 16, No. 1, pp. 101-108.