

지열(수온차)냉난방 시스템 효과 분석

*정 훈¹⁾, 마 범구²⁾

Effect analysis of geothermal cooling and heating system

*Hoon Chung, BumGu Ma

Key words : Geothermal system(지열 시스템), Air-conditioning(냉난방)

Abstract : This experiment is significant because we can provide information by measuring effect of energy saving for whom plan to install a geothermal heat & cooling system. The result shows geothermal system can save about 50% of energy(heating : 35%, cooling : 60%) and we verified that when using curtain can help saving 4~12% of energy additionally

Nomenclature

subscrip

RT : refrigeration ton
EAT : entering air temperature
EWT : entering water temperature
EER : energy efficiency ratio
COP : coefficient of performance(EER x 0.293)

1. 서론

에너지 수입 의존도가 약 96%로 절대적인 부분을 수입에 의존하고 있는 우리나라의 여건상 에너지 절약은 항상 산업계의 화두가 되어왔다. 이에 지열(수온차)냉난방 시스템등의 친환경적이고, 에너지 절감에 효과적인 장치의 도입과 활용이 요구되어지고 있지만 지열 냉난방기를 설치하고 그 효과에 대한 시험결과가 전무한 상태이다. 그런 이유로 본 시험을 실시 하였으며 시스템에 어킨과 비교하여 지열냉난방 시스템의 효과를 검증하고, 그 결과를 공유하고자 한다.

2. 수온차냉난방 시스템의 소개

일반적인 지열냉난방 시스템의 경우 지중열을 이용하여 냉방시에는 지중에 열을 버리고 난방시

에는 지중열을 흡수하도록 하는 시스템인데 반해 주암댐관리단에 설치된 수온차 냉난방기는 지열이 아닌 댐의 풍부하고, 연중 비교적 온도차가 없는 저수지의 발전이후의 물을 냉난방에 이용하는 방식이다.

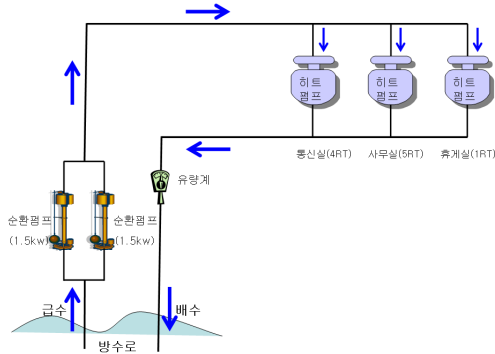
2.1 한국수자원공사 주암댐에 설치된 시스템

주암댐 발전동 건물에 도입한 수온차 냉난방 열교환방식은 냉각수의 개방형 순환방식을 기본으로한 직접 열교환방식을 채택하고 있다. 이는 방수로의 물을 펌프를 이용하여 히트펌프까지 직접 끌어와 히트펌프내에서 열교환을 하는 방식으로 설치비용의 절감과 더불어 수질오염의 우려가 적어 채택한 방식이다.

또한 수온차냉난방은 시스템 총 10RT의 용량으로 아래 <그림1>과 같은 구조를 가지고 있다.

1) 정 훈
E-mail : seenara@kwater.or.kr
Tel : (061)749-7222 Fax : (061)745-6404
2) 마 범구
E-mail : mbg234@hanmail.net
Tel : (061)749-7221 Fax : (061)745-6404

<그림 1. 수온차 냉난방 시스템의 구조>



3. 비교 실험 실시

건물내 설치된 냉난방설비의 효율(효과)를 분석하기에는 실제 어려움이 많다. 이런 문제점을 극복하기 위한 방법으로 기존에 설치된 시스템 에어컨과 비교시험을 실시하여 효과를 비교하기로 하였다.

주암댐 관리동 건물에는 천장형 시스템 에어컨이 설치되어있고, 같은 지역에 있기 때문에 외부 온도, 습도등 실험에 영향을 미칠수 있는 요인들이 없기 때문이다.

그러나 수온차 냉난방설비는 설비구성 당시 효율(효과)을 측정 가능토록 유량계와 온도계를 설치해 놓아 어느 정도 효율측정이 가능하였으나, 관리동 시스템에어컨의 경우, 공기 흐름량과 온도측정이 어려웠다.

따라서 본 실험에서는 두개의 다른 시스템에 대한 총 입력전력과 실내유지온도, 기타 손실 등을 측정 또는 계량화하여 서로 비교하는 방법을 택하였으며 공정한 비교가 되도록 하기 위해 아래와 같은 여러 가지 요인을 반영하였다.

3.1 실험 반영 요인

1. 전등, 컴퓨터등 OA 기기의 발열에 의한 에너지를 최소화하기 위하여 퇴근 시간 이후부터 다음날 오전 8시 사이에 측정.
2. 온도측정은 온도계 4개를 사용하여 측정하고, 그 중 2개의 온도계를 사용하여 실내 온도를 측정하여 평균을 내고, 한개는 건물 내부온도, 나머지는 건물외부온도를 측정.
3. 입력전력량을 별도의 전력량계를 부착하여 측정.
4. 발전동의 경우 1대의 순환펌프로 3대의 히트펌프를 가동하도록 구성 되어 있고 시험은 히트펌프 1대씩 실시하므로 측정된 전력량에서 해당하는 물량비 만큼의 전력량을 뺐.
5. 측정 장소의, 면적, 높이, 체적, 창 면적등 특성이 다르기 때문에 특성에 맞도록 에너지량을 계산하여 보정토록 함.

6. 유입, 유출되는 물의 온도를 측정하여 물이 얻은 열량을 계산한 후, 입력 전력값과 비교, 분석하여 지열냉난방 시스템의 효과를 검증함.

3.2 실험 결과

시험결과 단위 체적당 소비전력을 보면 전체적으로 냉난방시 모두 시스템에어컨의 경우가 높았다. 그런데 시험을 실시하면서 벽면을 통한 에너지 이동에 있어서, 천정은 제외하였다. 왜냐하면, 천정의 경우 4곳의 사무실이 동일한 구조로 되어 있고, 공기층이 있어 열전달이 적도록 했고, 거기에 단열재(석고보드)로 마감하였기 때문이다. 또한 바닥의 경우 관리동 1층을 제외한 3곳은 2층에 위치하고 있어 상대적으로 1층에 위치한 사무실보다 열손실이 적으리라 판단된다. 그러나 천정의 경우는 반대현상이 발생한다고 볼 수 있다. 따라서 이런 점은 본 시험에서는 무시하였다.

그리고 난방 시험시에는 관리동건물 내외부의 온도차가 발전동보다 상대적으로 컸었고, 그로 인한 오류의 가능성이 제시되었으므로, 냉방 시험시에는 관리동건물 내외부의 온도차가 발전동보다 적은 날을 택하여 시험함으로써 난방측정의 결과를 재검증할 수 있도록 하였다. 시험결과를 중심으로 비교, 판단하여 보면;

<표 1 : 냉난방측정 결과표 >

구 분	발전동		관리동		
	사무실	휴게실	1층	2층	
냉방	소비전력(w/m³)	0.77	0.73	1.86	1.70
	전력비율(%)	41.4	39.2	100	91.4
난방	소비전력(w/m³)	1.24	0.87	1.66	1.57
	전력비율(%)	74.7	52.4	100	94.6

<표 2. 히트펌프의 수온과 열교환과의 관계>

EWT (°C)	냉방		난방	
	KW	EER	KW	COP
-6.7	Not recommended		3.91	2.88
-1.1	3.08	17.7	4.04	3.22
4.4	3.40	18.5	4.19	3.55
10	3.68	17.8	4.36	3.87
15.6	3.94	16.6	4.54	4.16
21.1	4.21	15.0	4.72	4.39
26.7	4.52	13.5	4.85	4.57
32	4.88	12.1	4.91	4.65
37.8	5.30	10.7	Not recommended	
* 냉방 : 실내온도 26.7도 기준				
* 난방 : 실내온도 21.1도기준				

3.2.1 발전동 전력소모 분석

<표1>에서 볼수 있듯이 조사결과 냉방 유지전력은 사무실과 휴게실 각각 0.77 w/m³, 0.73 w/m³으로 난방 유지전력인 1.24 w/m³, 0.87 w/m³보다 다소 좋았다. 냉방시 관리동 1층 기준으로 최고 61%까지 에너지 절감이 가능한 것으로 보이며, 이는 상당한 에너지 절감 효과가 있음을 나타낸다고 생각된다. 시험 결과에서 알 수 있듯이 냉방기로 가동했을 경우 에너지 절감효과가 크게 나타나는 이유는 <표2>에서 보는 바와 같이 수온에 의한 요소 때문으로 추정된다. 측정시 수온의 변화는 16~21도 사이의 변화를 보였으며, 이는 <표2>를 참조하여 보면 약 COP 4.8(수온 15.6도기준) 정도를 보이고 있음을 알 수 있다. 그리고 겨울철 난방시에는 약 COP 3.6(수온 4.4도기준) 정도의 열교환 능력을 보이고 있다. 따라서 하계 냉방시의 열교환능력은 동계 난방시의 열교환능력보다 더 뛰어나며, 에너지 절감효과도 크게 나타나고 있다고 판단된다.

실제로 난방시에는 히트펌프에서 열교환을 하기 위해 유입한 물과 유출된 물의 온도차이가 2.1도(통신실, 사무실, 휴게실 3곳을 동시에 가동시켰을 때)의 차이를 나타냈지만, 냉방시에는 그 온도가 약 4.0도(마찬가지로 3곳을 동시 가동시)차를 보이고 있다. 이는 히트펌프의 열교환량이 냉방시가 더 많은 것으로, 이는 냉방시에 이용되는 물의 온도(약 15°C 전후)가 난방시(약 5°C 전후)보다 히트펌프에 더 유리하기 때문인 것으로 생각된다.

3.2.2 관리동 전력소모 분석

관리동의 시스템 에어컨은 난방 및 냉방 측정시 큰 변화는 없었지만, 상대적으로 냉방시가 전력소모가 큰 것으로 나타났다. 측정결과 난방시 1, 2층 유지전력은 1.66 w/m³, 1.57 w/m³이고, 냉방시 유지전력은 1.86 w/m³, 1.70 w/m³로 나타났다. 이와 같은 차가 발생하는 원인은 시스템에어컨의 경우 난방시 외부기온이 낮기 때문에 별도의 히터를 설치하여 열교환을 하고 있는데, 냉방시는 순수하게 공기로만 냉각을 실시하고 있기 때문에 난방시 열교환이 높게 나타난다고 생각한다.

그리고 체적, 시간당 유지전력이 1층이 2층보다 더 높은것으로 나타난 점은 앞서 난방 측정시에도 서술했던 바와 같이 시스템 에어컨의 실외기가 옥상에 설치되어 있어 1층의 경우 냉매가 순환하는 관로 길이가 2층보다 길어짐으로 발생하는 손실이라 판단된다.

3.2.3 건물 내·외부의 기온차에 따른 효과분석

앞서 기술했듯이, 난방효과 분석시에는 관리동의 온도차가 발전동의 온도차보다 큰 날에 측정하였기 때문에 온도차에 의한 실험 에러가 있을수 있다고 판단되어 냉방 실험에서는 여러번의 온도측

정을 통하여 관리동의 온도차가 더 작은 날의 데이터를 가지고 분석하였다.

조사결과 발전동은 난방시보다 냉방시 약 29% 적게, 관리동은 약 9% 크게 나타났다. 이는 앞서 기술했듯이 발전동의 경우, 여름철 수온인 15.6도에서의 열교환 효율이, 겨울철 수온인 4.4도의 효율보다 좋기 때문인 것으로 판단되고, 관리동의 경우 난방능력이 냉방능력보다 좋기 때문에 발생한 결과로 보인다. 시험결과에서 알수 있듯이 건물내외부 기온차에 따른 시스템의 효율차이는 미미한 것으로 생각된다.

3.2.4 커튼의 단열효과 분석

<표 3. 커튼의 성능 분석>

구분	발전동	
	휴게실 (커튼 안쳤을 때)	휴게실 (커튼 쳤을 때)
소비전력(w/m ³)	0.73	0.70
비율 (%)	100	95.9

발전동 휴게실을 대상으로 커튼을 내리는 것이 얼마만큼의 에너지 절감에 도움이 되는지를 시험하였다. 커튼은 태양의 직사광선을 막아주는 역할을 함과 동시에, 실내와 실외의 열교환을 어렵게 함으로서 냉난방시에 에너지절감 효과를 얻을 수 있게 하는 역할을 한다.

휴게실의 경우 바닥, 옆면 넓이에 비해 유리창의 면적은 약 25% 정도이고, 커튼으로 유리창을 통한 열교환을 완벽히 막지 못한다는 점을 감안하면 효과는 그리 크지 않았을 것으로 판단되었다.

실험결과 휴게실의 커튼을 내렸을 때는 0.70 w/m³, 커튼을 치지 않았을 때는 0.73 w/m³으로 약 4%가량의 에너지 절감효과를 보이고 있음을 알 수 있다. 그러나 시험이 상대적으로 온도차가(약 3°C) 적게 나는 야간시간에 이루어졌다는 점을 감안하면 효과가 적은 것만은 아니라고 생각한다.

여름철에서의 주간 외부 온도는 30~35도 정도이고, 실내권장온도 26~27도를 기준으로 3~9도만큼의 차이가 난다. 겨울철 난방의 경우 주간 외부 온도는 2~7도 정도이고, 실내권장온도 18도를 기준하면 11~16도만큼의 차이가 난다. 그리고 겨울철 영하권까지 온도가 내려가면, 더 많은 온도차가 나기 때문에 에너지 절감 효과는 여름보다는 겨울철에 3배(약 12%의 에너지 절감효과)이상 더 크게 나타날 것으로 추정된다.

4. 결론

난방시에는 관리동1층 기준으로 평균 35%의 에너지 절감효과를 보이고, 냉방시 역시 관리동1층 기준으로 60%의 절감효과를 보이고 있는 점으로 보아 1년을 가동하였을시 약 50% 정도의 에너

지 절감효과가 있는 것으로 볼 수 있으며, 커튼을 사용하였을 때 추가적으로 4~12%의 에너지 절감이 가능한 것으로 판단된다.

5. 후기

본 시험은 냉난방기를 설치하고 그 효과에 대한 시험이 부족한 상태에서 실시한 시험으로 에너지 절감효과를 계량함으로써 지열 냉난방을 설치코자 하는 사람들에게 정보를 제공할 수 있다는 데 큰 의의가 있으리라 생각한다.

가동시간이 아직 길지 않은 관계로 냉매 압력 조정 및 가동시 발생하는 여러 가지 문제점 및 보완점, 각 히트펌프에 유입되는 물량등을 정리하지 못한 점이 아쉽기는 하지만 냉난방 효율실험을 반복하면서 수운차 냉난방 시스템의 개략적인 효율과 적합한 운영기준을 잡아갈수 있었던 점은 긍정적으로 평가하고 싶다.