

# 지열원 VRF 시스템의 Case Study

일반원고

김성실  
LG전자(주) 에어컨사업부

## 1. 서언

국내에서 활성화하고 있는 신재생에너지 중 건축물에 적용이 비교적 용이한 것은 지열, 태양열, 태양광, 풍력 등이 있다. 이중 태양열과 태양광은 일사가 가능한 낮 동안에만 에너지를 채집할 수 있다는 사용상의 제약이 있고, 풍력 또한 도심지에서 보다는 바람이 많은 섬이나 산간지역에서 그 적용이 검토되는 수준이다.

지열시스템은 연중 냉난방이 가능하고, 연간 일정한 온도를 유지하는 지중의 열원을 사용한다는 측면에서 건축물 적용시 그 적용성과 운전의 효율성이 뛰어난 시스템이라고 할 수 있다. 따라서 최근의 신재생에너지 적용분야 중 적용의 확대정도가 가장 빠른 시스템이 되고 있다.

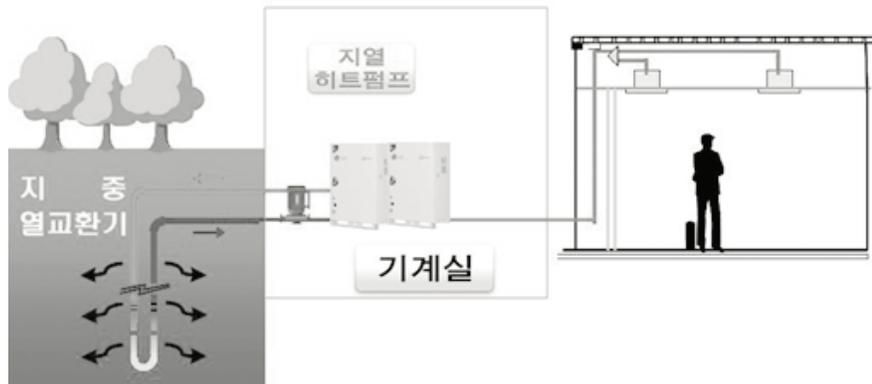
본고에서는 건물의 냉난방 시스템의 열원으로 지열 이용을 더욱 효과적으로 하고 지열원 히트펌프 시스템을 건축물에 적용함에 있어서 보다

적용이 간편하며 운전비도 절약할 수 있는 지열원 VRF 시스템의 건축물 설계사례에 대하여 소개하고자 한다.

## 2. 지열원 VRF 시스템의 구성

지열원 VRF 지열시스템은 땅속의 열을 지중열교환기로부터 회수하여 히트펌프로 연결하여 건물을 냉난방하는데, 이때 사용되는 히트펌프는 냉매관을 이용하여 실내에 열을 공급하는 시스템이다. 그림 1은 지열이용 VRF 시스템의 개념도이다. 지열 이용 VRF시스템은 기존 지열 시스템의 장점을 VRF 시스템에 응용한 것이다.

지열 시스템은 연간 온도 조건이 안정적인 땅속의 열원을 이용하는 것으로 연간 일정한 성능을 얻을 수 있는 장점이 있다. VRF 시스템은 실별로 또는 같은 실내에서도 각각의 실내기를 개별적으로 제어가 가능하며, 실내기의 개별제어에 따라



[그림 1] 지열원 VRF 시스템의 개념도

실외기의 인버터 압축기에 의한 부분부하 운전이 가능함으로써 실외기의 쾌적성 뿐만 아니라 에너지를 운전에너지로 절약할 수 있는 장점이 있다.

VRF(Variable refrigerant flow : 냉매 유량가변형) 시스템은 1969년 일본에서 최초로 소개된 이래 1980년대 후반부터는 보급이 확대되었으며, 2000년대 접어들면서 대용량 모듈 기술이 개발되었다. VRF 시스템은 일반적으로 인버터 압축기와 제어 기술을 통해 냉매 유량을 정교하게 조절할 수 있는 시스템을 말하며, 국내에서는 이를 멀티에어컨디셔너라고 부르고 있다. 멀티에어컨디셔너는 실내의 부하에 따라 냉매량을 개별적으로 조절이 가능한 개별공조 시스템으로써 부하 변동에 능동적으로 대응할 수 있는 제어 알고리즘 등을 적용하고 있다. 멀티에어컨디셔너는 하나의 실외기에 여러 타입의 실내기를 연결하여 실내의 사용 특성에 따라 실내기를 개별적으로 운전할 수 있고 실내기의 부하에 따라 실외기의 용량을 가변제어할 수 있기 때문에 사용자의 편리함과 에너지 절약성으로 중소형 건물 뿐만 아니라 대형 건축물에서도 많이 적용되고 있다.

VRF 시스템은 1) 설치의 간편성 및 설치 면적

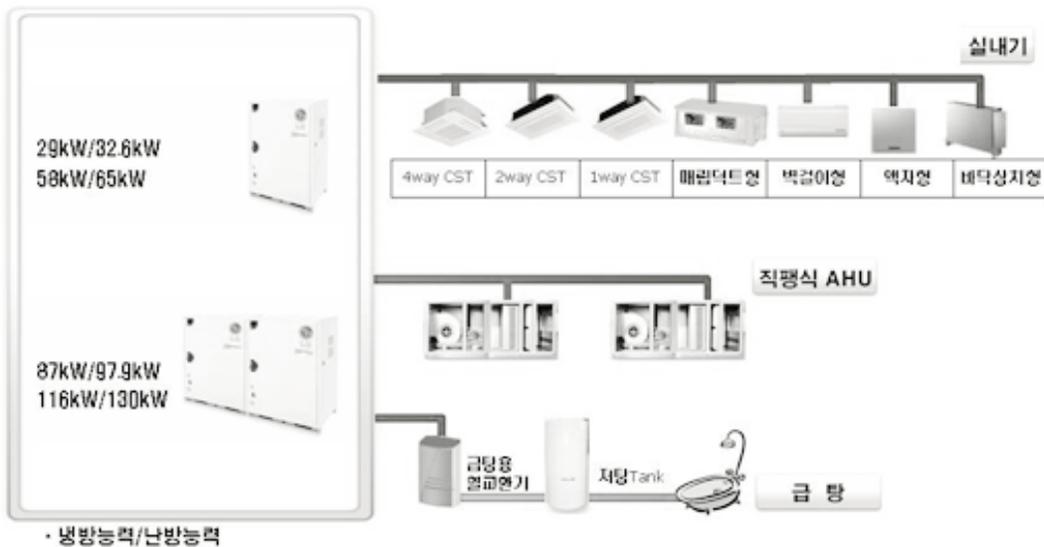
축소, 2) 디자인의 유연성, 3) 편리한 유지보수와 서비스, 4) 개별제어 및 에너지 효율성, 5) 개별 제어를 필요로 하는 사무실, 병원과 같은 건물에 간단한 적용성으로 현재 국내외의 다양한 건물에 적용되고 있다.

LG전자의 지열원 VRF시스템은 기존의 다양한 실내기의 적용하는 것 뿐만 아니라 직팽식 AHU 와도 연결이 가능하므로 대공간의 냉난방이 가능하다. 또한 급탕 Kit을 이용하여 온수를 생산할 수도 있어서 건물의 냉난방과 급탕이 가능하다. 그림 2는 지열이용 VRF시스템에 적용 가능한 실내기 및 급탕 시스템의 개념도를 나타내었다.

### 3. 지열원 VRF 시스템의 설계 사례

#### 3.1. 00대학교 교수연구동

00대학교 교수 연구동은 부산시 소재 대학의 교수연구동으로 지하 1층 지상 6층의 연면적 7,070 m<sup>2</sup> 건물로 교수 연구동(3F ~ 6F)과 행정사무실(1 ~ 2F)로 구성된다. 건물전체를 지열원 히트펌프와 공랭식 히트펌프를 함께 설치하여 초기투자비 및 운전비를 효과적으로 절약하였다. 행정사무



[그림 2] 지열원 VRF 시스템을 이용한 실내기 적용성

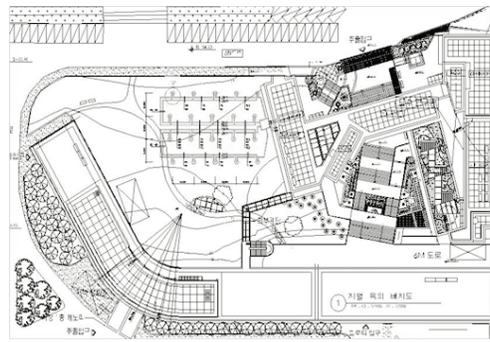
실은 교수 연구실과는 달리 사용 빈도가 많고 연속 운전이 예상되며 방학기간에도 사용할 것이므로 지열 시스템을 적용하였다. 반면, 교수 연구실은 사무실과는 다른 부하 특성으로 기존의 공기열원 시스템에어컨을 적용하였다. 이와 같이 사용 빈도가 큰 실에 지열을 적용한 것은 지열원 히트펌프는 열원의 안정성으로 연중 일정한 성능을 유지할 수 있고, 에너지 절약 성능이 뛰어나기 때문이다. 현장에는 냉난방용으로 29kW 히트펌프 10대, 급탕용으로 29kW 히트펌프 2대를 설치하였다. 공랭식 히트펌프는 전체용량이 609kW로 실별로 조닝하여 실외기의 용량을 산정하여 설치하였다. 표 1은 본 건물에 적용된 지열원 히트펌프 시스템의 개요이다. 그림 3은 본 건물의 전경이며, 그림 4는 지중열교환기를 설치하기 위한 옥외천공배치도이다.

본 건물은 설치된 시스템에 대하여 자체적으로

성능평가를 실시하고 있다. 성능평가는 지중온도 변화 추이, 시스템의 냉난방 효율 등을 측정하고 있다. 지열원 히트펌프는 지중의 온도가 연중 일정하게 유지되어야만 시스템의 성능이 안정적일 수 있다. 그렇지 않고 히트펌프의 운전에 따라 지중의 온도의 변동이 발생하면 시스템의 성능이 저하될 뿐만 아니라 히트펌프의 고장 등 시스템의 운전이 불가한 상황이 발생할 수 있다. 따라서 본 대학에서는 이와 같이 지중온도의 변화를 파악하기 위하여 지중열교환기에 대해 지표면으로부터 50m, 100m, 175m에 센서를 설치하고, 보어홀 사이에는 1.5m 지점과 2.5m 지점에 깊이 2.5m, 5m, 10m, 20m, 30m 지점에 센서를 설치하여 측정하고 있다. 측정결과 지표로부터 지중 10m 이하 지점부터는 연중 일정한 온도가 형성되는 것으로 보고하고 있다. 또한 시스템의 운전 효율도 측정하고 있는바, 난방성능 분석결과 히트



[그림 3] OO대학교 교수연구동 전경



[그림 4] 옥외 천공배치도

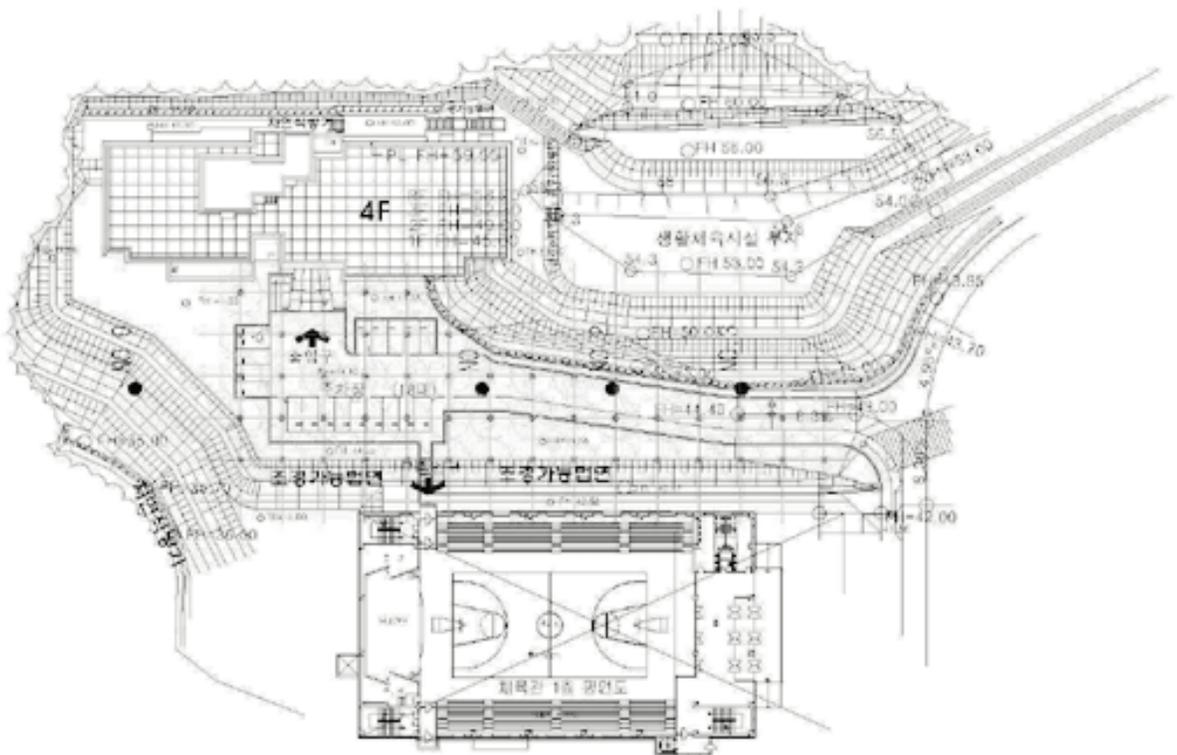
<표 1> OO대학교 교수연구동 지열 시스템 개요

	부하	지열시스템 설치용량(kW)
열에너지 부하량 및 설치 용량	냉방	290
	난방	326
	급탕	58
천공홀	천공깊이(m) × 수량	175m × 24
	지중열교환기 방식	수직 밀폐형
	최소 공당 간격(m)	5
	총 천공 길이(m)	4,200

펌프 부하율이 46.9%일때 히트펌프의 COP는 평균 5.1이며 시스템 전체의 COP는 4.2인 것으로 보고하고 있다<sup>3)</sup>. 냉방시 성능 분석 결과, 히트펌프 부하율이 64%일때 히트펌프의 COP는 평균 8.2이며, 시스템 전체의 COP는 6.19로 보고하고 있다<sup>4)</sup>.

### 3.2. OO대학 기숙사

OO대학 기숙사는 경기도 파주시 소재 건축물로서 지하 1층, 지상 4층으로 연면적 3,420m<sup>2</sup>이다. 기숙사의 냉난방은 천정형 실내기를 사용하였으며, 건물의 급탕을 지열을 이용하였다. 건물 전체는 부속실을 포함하여 모두 134개의 실로 구성되어



[그림 5] OO 대학 기숙사 옥외 천공 배치도

<표 2> OO대학 기숙사 시스템 개요

	부하	지열시스템 설치용량(kW)
열에너지 부하량 및 설치 용량	냉방	495.2
	난방	5557
	급탕	229
천공홀	천공깊이(m) × 수량	170 × 56
	지중열교환기 방식	수직 밀폐형
	최소 공당 간격(m)	5
	총 천공 길이(m)	9,520

있으며, 모두 195명을 수용할 수 있는 시설이다. 본 건물은 당초에 GHP로 계획되었으나, 실시설계시 지열시스템으로 변경하였다. 그 이유는 본 학교에 가스 인입이 어려운 문제도 있었지만, GHP는 가스를 이용하는 설비로 학교 건물은 전기요금에 저렴하고 유지관리도 상대적으로 편리하기 때문에 가스를 이용한 냉난방 보다는 전기를 이용하는 것이 더욱 합리적인 방안이기 때문이었다. 초기투자비는 지열히프펌프가 약 38% 정도 높지만 유지관리비측면에서는 GHP대비 250% 저렴하게 운영할 수 있다. 따라서 지열을 이용하게 되면, GHP 대비 약 4년이면 초기투자비를 회수할 수 있는 것으로 나타났다.

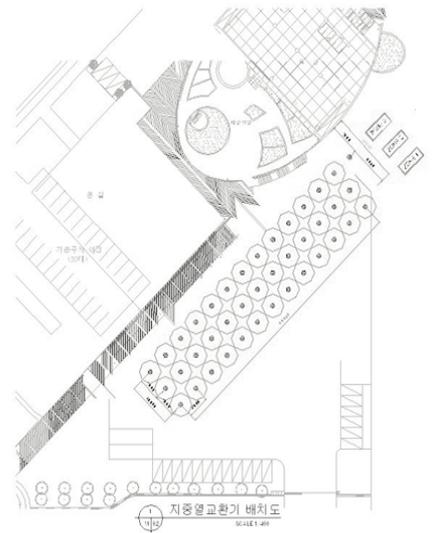
### 3.3. 00에너지 홍보관

00에너지 홍보관은 광주광역시소재 공공업무 시설로써 지하 1층, 지상 3층의 연면적 2,968.3 m<sup>2</sup> 규모의 건물이다. 본 건물은 지열이외에도 태양광, 태양열 등 신재생에너지를 건축물에 적용하고 이를 홍보할 수 있도록 계획된 신재생에너지 홍보관이다. 본 건물에 적용된 신재생에너지의 종류와 용량은 지열(493kW), 태양열(48m<sup>2</sup>), 태양광(50kW), 태양광 BIPV(10kW), 태양광 집광형(10m<sup>2</sup>)이다.

00에너지 홍보관은 건물의 냉난방을 지열을 이용한 VRF 시스템으로 적용하였다. 본 건물은 업무 및 전시공간으로 이루어지므로 실의 용도에



[그림 6] 00 홍보관 전경



[그림 7] 옥외천공배치도

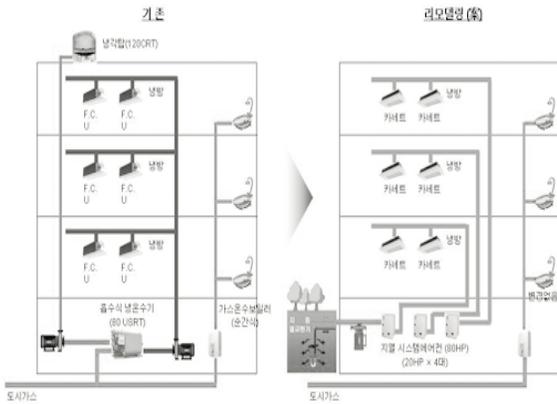
<표 3> 00홍보관 시스템 개요

	부하	지열시스템 설치용량(kW)
열에너지 부하량 및 설치 용량	냉방	493
	난방	554.2
천공홀	천공깊이(m) × 수량	170 × 40
	지중열교환기 방식	수직 밀폐형
	최소 공당 간격(m)	5
	총 천공 길이(m)	6,800

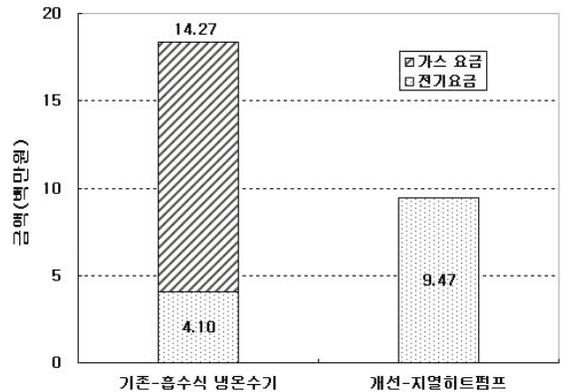
따라 사용시간 및 부하패턴이 상이하게 됨으로 실별 개별제어가 필요하다. 이러한 개별부하 요구에 가장 효과적으로 대응할 수 있는 시스템이 VRF 시스템이다. 지열을 이용한 VRF 시스템과 Water to Water 방식의 지열이용 히트펌프를 사용할 때 VRF시스템의 운전비를 20% 정도 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

### 3.4. 00 업무시설 리모델링

본 건물은 서울시 중구 삼일로 소재 건물로써 기존의 흡수식 냉온수기를 지열시스템으로 냉난방 시스템을 리모델링한 경우이다. 전체 면적 1,620 m<sup>2</sup>의 지하 1층, 지상 3층으로 구성된 건물이다. 본 건물에 설치되어 있는 80RT(281kW)의 흡수식 냉온수기를 224kW의 지열 시스템으로 리모델



[그림 8] 00 업무시설 리모델링 개념도



[그림 9] 운전비 절감효과

<표 4> 건물 리모델링의 개요

	기존 시스템 : 흡수식 냉온수기	리모델링 시스템 : 지열원 VRF 시스템
적용 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 흡수식 80RT</li> <li>- 냉각탑 125RT</li> <li>- 냉각수펌프 15kW</li> <li>- 냉수펌프 7.5 kW</li> <li>- 냉/난방기 12대</li> <li>- FCU 실내기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 히트펌프 224kW</li> <li>- 지열 천공 : 200Mr × 15Holes</li> <li>- 지열순환펌프 4.0kW</li> <li>- 카세트형 실내기</li> </ul>
기계 설치 모습		
개선 효과	시스템 용량 감소 : 기존 80RT(281kW) → 지열 224kW 실내기 개별제어로 쾌적성 증가 운전비 48% 절감	

<표 5> OO 업무시설 시스템 개요

	부하	지열시스템 설치용량(kW)
열에너지 부하량 및 설치 용량	냉방	232
	난방	260
천공홀	천공깊이(m) × 수량	200 × 15
	지중열교환기 방식	수직 밀폐형
	최소 공당 간격(m)	5
	총 천공 길이(m)	3,000

링하였다. 천정형 VRF 실내기를 사용함으로써 실내의 기류분포를 균일하게 할 수 있도록 하였다.

지열 히트펌프 시스템은 흡수식 냉온수기에 비하여 초기투자비는 많이 필요하지만 운전비적인 측면에서는 유지관리비가 저렴한 특징이 있다. 이 건물을 지열시스템으로 리모델링함에 따라 기존 대비 시스템의 용량을 감소시킬 수 있었다. 이에 따라 운전비 48% 절감, 온실가스 54% 저감할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 흡수식 냉온수기는 실별 개별제어가 어려운 반면 지열원 VRF시스템은 실별 개별제어가 가능하기 때문에 실내의 쾌적성이 증가하게 되는 것 뿐만 아니라 운전비 및 유지관리 측면에서 보다 효율적인 시스템인 것으로 나타났다.

#### 4. 맺음말

본 고에서는 최근 세계적인 관심과 더불어 국내에서도 그 적용이 급격하게 증가하고 있는 지열 시스템에 VRF기술을 적용한 시스템에 대하여 소개하고 실제 건물에 적용된 사례를 소개하였다.

지열원 VRF시스템은 땅속의 열을 열원으로 인버터 압축기와 제어 기술을 통해 냉매 유량을 정교하게 조절할 수 있는 시스템으로 이와 같은 특징으로 실별 개별제어 성능이 뛰어날 뿐만 아니

라 부분부하운전이 가능하다는 장점이 있다. 따라서 부하패턴이 상이하고 각 실별 개별제어가 요구되는 오늘날의 공조 수요자들의 요구와, 에너지 절약적인 측면에서 건축물 적용시 효과적인 냉난방이 가능한 시스템이라 할 수 있다. 또한 간편한 설치 및 면적 축소, 디자인의 유연성, 편리한 유지보수등과 같은 특성으로 앞으로 더 많은 건물에 적용이 될 것으로 생각한다. 이를 통해 에너지 절약 및 지구환경 보호를 추구할 수 있을 것으로 생각한다.

#### 참고문헌

1. 멀티에어컨의 기술 개발 및 제품 동향, 유봉상, 이진우, 설비저널, 2002. 3.
2. 시스템에어컨 기술동향 및 다양한 시스템 별 적용 사례, 박완규, 김동한, 설비, 2008. 5.
3. 지열원 히트펌프 시스템의 실사용을 통한 난방성능연구, 구경민, 정영만, 황유진, 이재근, 장세용, 김인규, 진심원, 이동혁, 대한설비공학회2008하계학술발표대회논문집, 2008.6.
4. 지열히트펌프시스템의 냉방운전에 따른 성능연구, 이재근, 정영만, 구경민, 황유진, 장세용, 김인규, 진심원, 이동혁, 대한설비공학회 2007동계학술발표회논문집, 2007. 11.