

강화도 강화우리마을 지열히트펌프 시스템 시공사례

박 근 우
삼양에코너지(주) 연구소장

1. 시공 개요

강화우리마을은 성인 정인지체 장애인들에게 평생 교육의 기능을 제공함과 더불어 자립생활 및 취업기회를 목적으로 하는 건물로 교육여건 상 편안한 실내구조와 충분한 냉난방부하가 요구되는 환경이다. 따라서 시설운용에 있어서 타건물에 비해 많은 냉난방비용이 요구되어 지므로 시설 운용비용 절감과 함께 근로생 및 자원봉사자, 방문객들을 대상으로 신재생 에너지

의 안정성과 활용성을 이용하는 데 목적을 두었다.

2. 기계설비 기본방향

- 가. 신재생 에너지를 통한 에너지절감
- 나. 쾌적한 실내 환경 조성
- 다. 교육실내의 쾌적한 환경조성
- 라. 다양한 용도별 특성 고려
- 마. 시설물 유지관리의 편리성 확보



<그림 1> 강화 우리마을 전경

3. 건축 일반사항

가. 공사위치

인천광역시 강화군 길상면 온수리 605-29번지

나. 건물개요

- 건물 연면적: 2,015.6 m² (611평)
- 재배시설 면적: 2,144.2 m² (650평)
- 냉난방면적 :
 - 근로시설 및 숙소동(버섯재배시설포함) : 2,023.2 m² (613.1평)
 - 시설물재배하우스 및 콩나물재배시설 : 2,144.2 m² (649.8평)
- 구조 : 철근콘크리트조/목구조/철골조
- 용도 : 재활교육 및 복지시설

4. 기초 자료조사

가. 신재생 에너지 법규검토

나. 지질 기초조사

가) 대상지역 설정

강화우리마을 지열을 이용한 냉·난방 시스템 설치장소인 인천광역시 강화군 길상면 온수리 일대에 지표지질, 청문 조사 등을 실시하기 위해 지열착정개발 예정위치를 중심으로 반경 1000 m의 구역을 기초조사 대상지역으로 설정하였으며, 직·간접유역을 포함하여 유역중심으로 대상지역을 검토하였다.

나) 지형 및 지질 분포의 특성

<표 4-가>

구분	내용	관련 법규
공공의무화 사업	국가기관, 지방자치단체, 정부기관 등이 건물 연면적 3,000 m ² 이상의 건축물을 신축하는 경우 표준공사비의 5% 이상을 신재생에너지 설비의무화	신재생에너지 개발 및 이용보급촉진법 제 2조
자금지원	신재생에너지 이용시설 및 생산시설 설치소자금의 100% 이내에서 동일사업 자당 150억원 이내 지원	신재생에너지개발 및 이용보급촉진법 제 8조



<그림 2> 지열개발 이용 조사지역 위치도 (1/50,000)



<그림 3> 조사지역 부근(김포) 지질도 (1/50,000)

30° 00" ~ 126° 45' 00", 북위 37° 30' 00" ~ 37° 40' 00"의 사이지역)중에서 행정구역상 강화군 불은면과 길상면 일부 지역조사 도폭 상의 지질구조 모순점이 발견되지 않은 경우는 그 연속성 살려 구조해석 하였다.

조사지역의 지질분포도 조사결과 지열 착공 대상 지역에서의 큰 접촉, 단층대가 인지되지 아니하였다.

5. 열원 구성

가. 설계부하 산정

다) 지질 각론

<표 5-나>

월 별	피크부하 (kcal/h)	부하율(%)	소요부하 (kcal/h)	히트펌프용량 (USRT)	비고
1월	272,480	90	245,232	81	
2월	272,480	90	245,232	81	
3월	272,480	70	190,736	63	
4월	272,480	40	108,992	36	
5월	233,400	40	93,360	30	
6월	233,400	70	163,380	54	
7월	233,400	90	210,060	70	
8월	233,400	90	210,060	70	
9월	233,400	50	116,700	39	
10월	233,400	50	116,700	39	
11월	272,480	85	231,608	77	
12월	272,480	90	245,232	81	

<표 6>

구 분	내 용
지열히트펌프설치공사	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지열히트펌프 총용량 200 RT ○ 열교환 방식 : 물-물 열교환 50 RT 4대 : 냉 · 난방 동시 사용
지중열교환기설치공사	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지중열교환기 방식 : 수직밀폐형 ○ 구 조 : 보어홀 직경 150 mm x 10,200 m(1공 150 m) ○ 파이프 : HDPE 40A ○ 그라우트재료 : 벤토나이트 + 실리카샌드 ○ 부동액 : 메탄올 10%
옥외배관공사	○ 지중열교환기에서 기계실까지 배관공사
기계실배관공사	○ 기계실 장비 연결 배관공사
전기 및 제어공사	○ 지열히트펌프와 실내를 일괄제어 할 수 있는 전기 및 제어공사

가) 근로시설 및 숙소동(버섯재배시설포함)

: 2,023.23 m² (613.1평)

- 난방부하 : 323,700 kcal/h (2,023.13 m² × 160 kcal/m²)

- 냉방부하 : 303,470 kcal/h (2,023.13 m² × 150 kcal/hm²)

나) 시설물재배하우스 및 콩나물재배시설

: 2,144 m² (649.8평)

- 난방부하 : 272,480 kcal/h

• 시설물 하우스 (시설 재 배 용)

= 211,680 kcal/h (1,764 m² × 120 kcal/hm²)

• 콩나물재배시설 (장애우 상주작업공간)

= 60,800 kcal/h (380 m² × 160 kcal/hm²)

- 냉방부하 : 233,400 kcal/h

• 시설물 하우스 (시설 재 배 용)

= 176,400 kcal/h (1,764 m² × 100 kcal/hm²)

• 콩나물재배시설 (장애우 상주작업공간)

= 57,000 kcal/h (380 m² × 150 kcal/hm²)

6. 공사개요

7. 주요 부품사양 개요

가. 지열히트펌프

- 모델명 : EW540

- 제조업체 : Waterfurnace (미국)

- 수 량 : 4 대 (50 RT)

※히트펌프 용량산정

(난방용량이 냉방용량에 비해 크므로 장비용량은 난방용량으로 한다.)

- 근로시설 및 숙소동(버섯재배시설포함)

사용 용량	냉난방 히트 펌프 용량
107 USRT = (323,700 kcal/h)	10RT (50 RT × 2)

* 2,023.13 m² (613.1평) × 160 kcal/hm² = 323,700 kcal/h

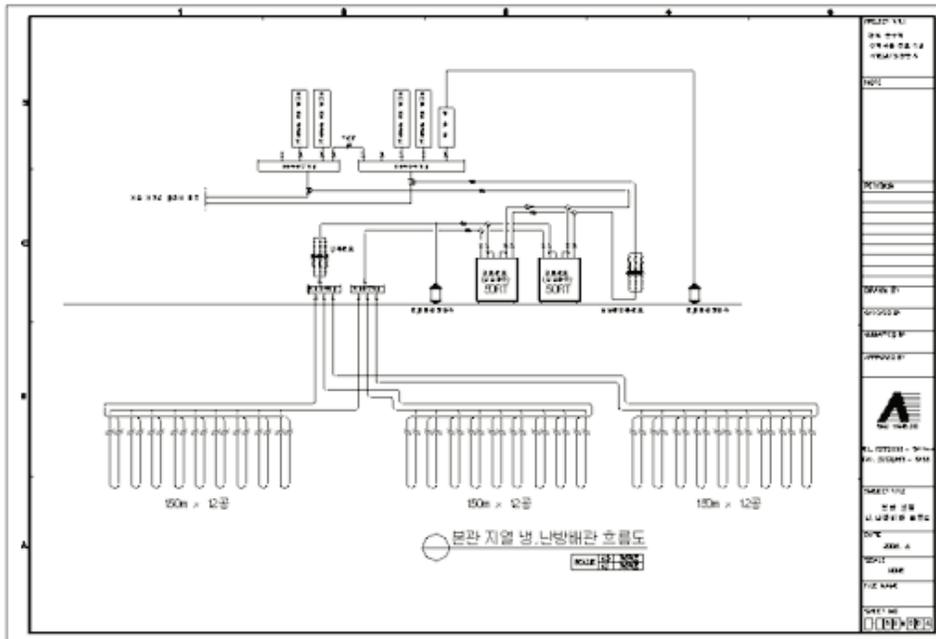
- 시설물재배하우스 및 콩나물재배시설

사용 용량	냉난방 히트 펌프 용량
90 USRT = (272,480 kcal/h)	10 RT (50 RT × 2)

* 2,144 m² (649.8평)

(1,764 m² × 120 kcal/h 211,680 kcal/h

380 m² × 160 kcal/h 60,800 kcal/h)



<그림 5> 설비의 주요 구성(설계)도

나. 실내 냉난방방식

- 냉 방 : FCU(천정카세트형)에 의한 냉방
- 제조업체 : 중앙ENG
- 수 량 : 4 SET (150 LIT) ▶ 지중열교환기
 측 2SET + 부하측 2SET

배관마찰손실	$350 \text{ m} \times 0.01 \text{ mAq/m} \times 1.5 = 5.25$
실양정	= 3
히트펌프 열교환기 압력손실	= 6
밸브 및 부속류 압력손실	= 5
기타 압력손실 여유율	10% = 1.9
	= 21.2

다. 팽창탱크

- 브라인의 총 용적 4,536 l
- 사용온도 범위 5 ~ 50℃
- 팽 창 량 : 약 55 l
- 밀폐형 팽창탱크 크기
 : $(55 / 0.38) = 143.9 \text{ l}$ (150 사용)

바. 냉온수 순환펌프

- 근로시설 및 숙소동용 3SET + 시설물재배
 하우스용 3SET
- 제조업체 : 월로펌프
- 수 량 : 6 대 (4 kW) 2대 예비
- 순환펌프 용량산정
- 냉온수 유량 : 410 lpm
- 양 정

라. 지중열 순환펌프

- 근로시설 및 숙소동용 3SET+시설물재배하우스용 3SET
- 제조업체 : 월로펌프
- 수 량 : 6 대 (4 kW) 2대 예비

배관마찰손실	$160 \text{ m} \times 0.01 \text{ mAq/m} \times 1.5 = 2.4$
실양정	= 3
히트펌프 열교환기 압력손실	= 9
밸브 및 부속류 압력손실	= 3
기타 압력손실 여유율	10% = 1.8
	= 19.2

마. 순환펌프 용량산정

- 지중열교환기 유량 : 410 lpm
- 양 정

<표 7-가>

구분	냉 방	난 방	비 고
모델명	EW540	EW540	
능력(RT)	50 RT	50 RT	
수량	4		
압축기	스크롤	스크롤	
유량(LPM)	410	410	
소비전력(kW)	33.9	57.8	
EER/COP	5.7	2.8	
열량(kcal/h)	124,639	142,909	
압력손실(mAq)	2.3	2.3	
실내환수온도(℃)	10	49	
실내공급온도(℃)	5	54	
히트펌프순환수 입구온도(℃)	32	10	
히트펌프순환수 출구온도(℃)	37	6	

사. 제어기기

- 자동제어 시스템의 구비조건
- 펌프 대수제어 및 부하 변동시 열원기기 대수제어
- 수동 운전시 Selector Switch로 각 장비별 개별운전 (펌프는 수동으로 예비기를 작동)
- 스케줄에 의한 예약운전 기능
- Inter-Lock 회로 - 냉난방 전환시 임의 조 작금지 기능

아. 지중열교환기

- (근로시설 및 숙소용 : 36공, 시설물재배하우스용 :32공)
- 지중열교환방식 : 수직 밀폐형
 - 구 조 : 보어홀 직경 150 mm
(68공 × 150 m = 10,200 m)
 - 지열파이프 : HDPE 40A
 - 그라우트재료 : 벤토나이트 + 실리카샌드
 - 부동액 : 메탄올 10%

<표 7-마>

항 목		단 위	설 계 치
용 도		지열의 순환	
전동기	상, 전 압	φ, V	3 $\varphi, 380V$
	동력 × 대수	kW	4 kW × 2대
펌프	형 식	In-Line Pump	
	양 정	m	22 m
	유 량	LPM	410

<표 7-바>

항 목		단 위	설 계 치
용 도		지열의 순환	
전동기	상, 전 압	φ, V	3 $\varphi, 380V$
	동력 × 대수	kW	4 kW × 2대
펌프	형 식	In-Line Pump	
	양 정	m	20 m
	유 량	LPM	410

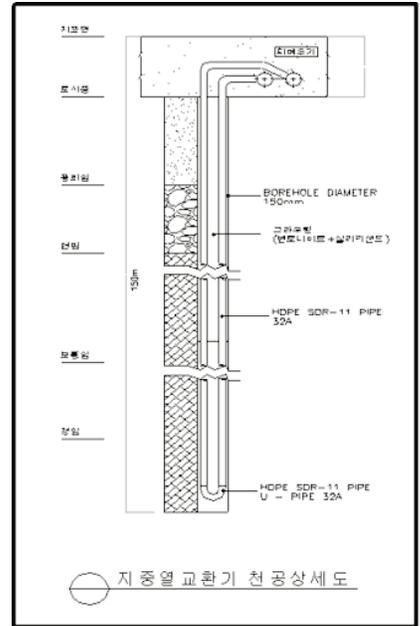
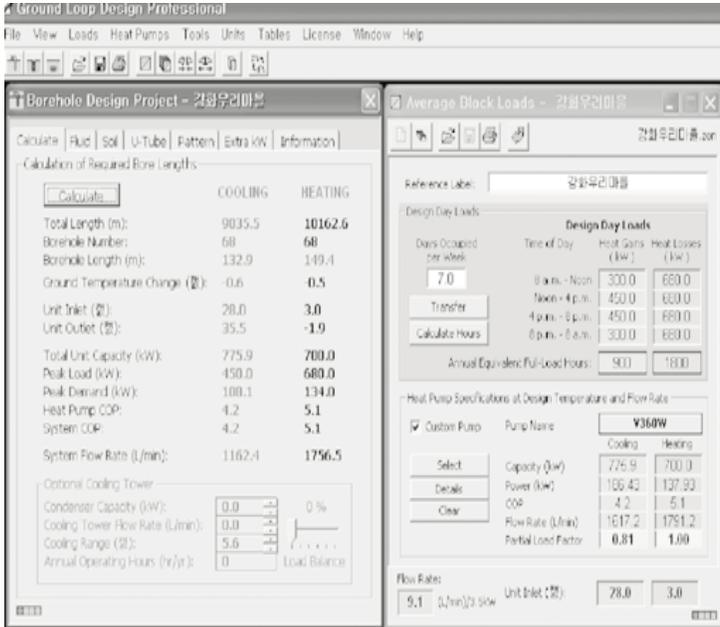
<표 7-사>

항 목		설 계 사 양
자동제어기기		PLC & HMI
기기별	제 어 밸 브	- 전동제어밸브
	온도감지장치	- Pt100 Ω or Pt1000 Ω 온도센서(제어용)
특 성	기 타	전원의 소요전력 - Watt-Hour Transducer로 순시값 출력

- 지중열교환기 프로그램 설계

일반 냉난방부하를 통해 계산된 부하량에 대한 비용은 현장여건과 변수요건이 많이 있고 계절적으로도 짧은 여름과 겨울의 특성상 계산의 신뢰

8. 경제성 검토



<그림 6> Ground Loop Design Professional 프로그램으로 설계

<표 8-가>

전기요금 (일반용 고압A)			유류요금		
기본요금	6,300	원/kW/월	등유	935	원/ℓ
여름(7~8)	89.7	원/kWh			
봄.가을(4~6,9)	58.3	원/kWh			
겨울(10~3)	62.5	원/kWh			
발열량	860	kcal/kWh	발열량	8,500	kcal/ℓ

<표 8-가>

부하량			운전시간
단위	kWh	kcal/h	시간
냉방(여름)	633	544,320 ①	900
난방(봄, 가을)			
난방(겨울)	690	593,100 ②	1,800

성을 완전하게 보장할 수는 없지만 같은 가정 하에 히트펌프를 사용할 경우 부하량에 대한 비용이 더 저렴한 것을 알 수 있다.

가. 일반 전기 요금 및 유류요금

나. 부하 조건

- ① 냉방시 피크부하치에 여유율 10%를 감안하여 산출 (180 RT)
- ② 난방시 피크부하치에 여유율 10%를 감안하여 산출 (196 RT)

다. 연간 사용요금

- 지열히트펌프를 사용한 결과 연간 총비용이 48,418,592원으로 에어컨+난방유보일러를 사용 하였을때와 비교해 128,615,000원의 금액이 절감됨을 알 수 있다.

9. 자동제어 및 모니터링 자료

가. 자동제어용 PC화면

시설담당자가 자동제어용 PC를 통해 지열시스템 전체를 운전할 수 있도록 자동제어시스템을 구성하였다.

나. 운전데이터 모니터링

지열히트펌프시스템이 운전되는 현황(온도, 전기소비량, 각 구성품의 운전상태 등)을 한눈에 파악할수 있도록 모니터링할 수 있는 화면을 구현 하였으며, 필요시 이를 저장할 수 있도록 모니터링 시스템을 구축하였다.

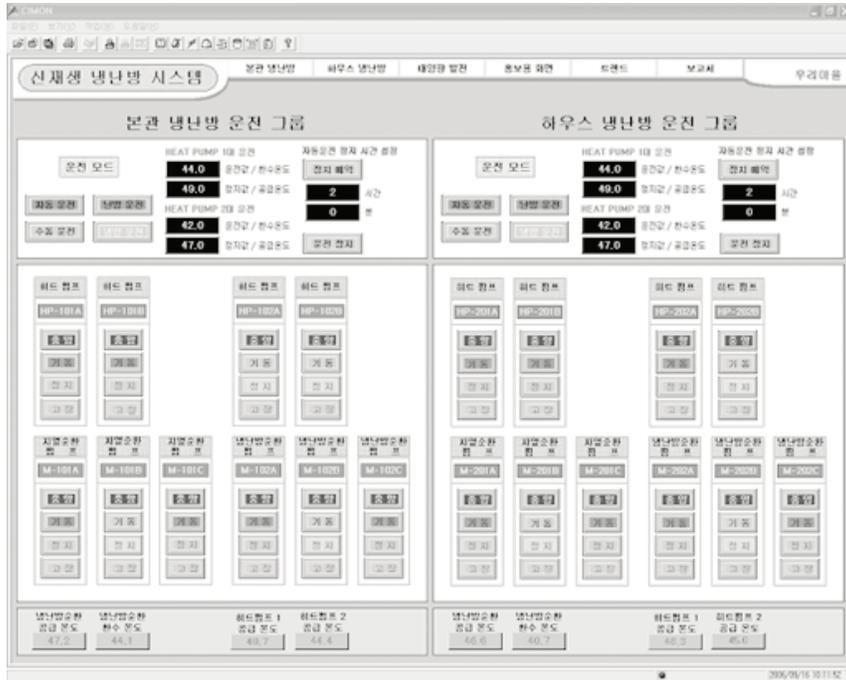
10. 맺음말

지열히트펌프시스템은 공기열원 히트펌프나 유류보일러 설비에 비하여 에너지 이용효율이 높고

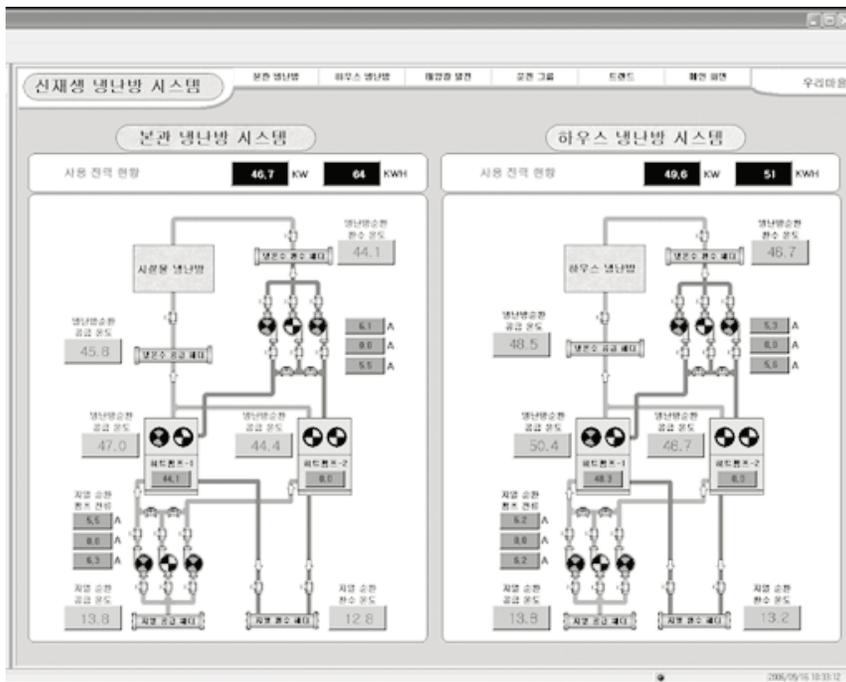
<표 8-다>

비교대상		에어컨+난방유보일러(200 RT)		지열히트펌프(200 RT)	
효율	냉방	3.0	COP	4.5	COP
	난방	85.0	보일러 효율(%)	3.5	COP
난방유 소비량	난방	82.1	ℓ /h		
전기 소비량	냉방	242.6	kW	140.7	kW
	난방	8.3	kW	197	kW
운전비용(유류)	난방	138,174,300	원		원
운전비용(전기)	기본료	18,340,560	원	14,896,465	원
	냉방	19,585,098	원	11,354,768	원
	난방	933,750	원	22,167,359	원
	소계	38,859,408	원	48,418,592	원
총비용	합계	177,033,708	원	48,418,592	원
운전비 비율		366%		100%	
연간 절감비용				128,615,000	(천단위이하 절사)
초기투자비(원)		없음 (기존 설치된 설비)		416,000,000	
투자회수기간		기준		3.2년	

* 지중열교환기의 수명이 반영구적이며 보일러+에어컨에 비해 연간유지비 및 수명이 길다



<그림 7> 지열히트펌프시스템 자동제어 화면



<그림 8> 지열히트펌프시스템 모니터링 화면

