

# 대형 수평 밀폐형 지열시스템 시설원에 적용사례

은 종 립

(주)한일엠이씨 상무

## 1. 서론

현재 국내에서 적용되고 있는 지열시스템 형식은 수직밀폐형, 수평밀폐형, 개방형 시스템 세가지 중 한가지 방식을 주로 적용하고 있다.

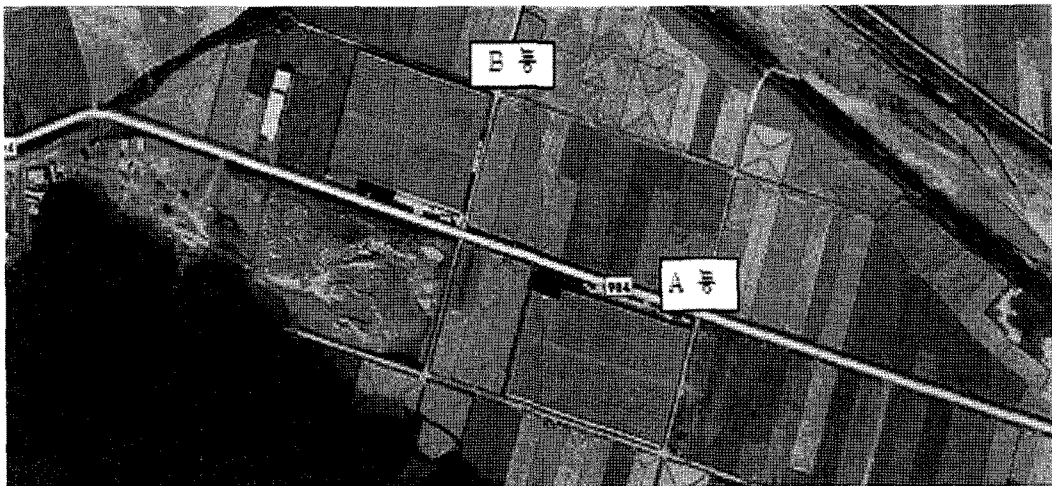
이중에서도 특히 수평밀폐형 시스템은 지중열교환기 설치를 위한 부지 확보가 어려워 좀처럼 적용할 수가 없었다. 소개하는 시설원에는 지질구조가 약30 m까지는 자갈층으로 이루어져 있어 계속 하부로 천공을 하면 지반이 무너지는 구조로 이루어져 수직밀폐형 시스템을 적용하기는 천공에 너무 큰 비용이 들어 사업자체를 포기할 지

경에 이르렀으나 다행히 발주자측에서 수평형 지중열교환기 설치 부지를 확보하여 주었기에 이 시스템을 적용할 수 있었다.

국내에서 적용한 수평밀폐형 시스템은 소규모의 용량을 설치한 사례가 있었으나 본 시설원에처럼 중,대규모로는 국내에서 처음으로 시도되어 설계와 시공 과정을 소개하고자 한다.

## 2. 시설현황

본 시설은 경상북도 경주시 양남면 환서리에 위치한 파프리카 재배시설로서, 플라스틱 온실 연동



[그림 1] 시설 현황

타입으로 구성되어 있으며 사업 및 적용범위는 연동 A동과 B동으로 이루어졌다.

### 2.1 대상 온실 개요

연동의 온실은 크게 외부 비닐, 내부 비닐로 구성되어 있으며, 내부 비닐 안쪽 측면에는 단열 역할을 하는 부직포가 설치되어 있다.

외부비닐은 측면만 말리는 롤 타입이고, 내부 비닐은 천장까지 말리는 롤 타입이며, 안쪽의 단열 부직포도 펼치거나 접을 수 있는 구조로 되어 있다.

천장은 1겹의 비닐로 되어 있으며 환기목적으로 천창이 설치되어 있고, 상부에는 차양과 단열 역할을 하는 부직포가 설치되어 있다.

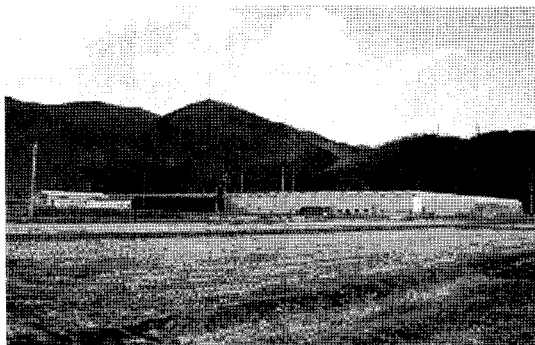
온실 하부에는 작업용 강관레일이 작물 사이사이로 깔려있고 레일내부로 온수를 통수시켜 대류에 의한 난방을 하고 있었다.

### 3. 시험공 개발현황

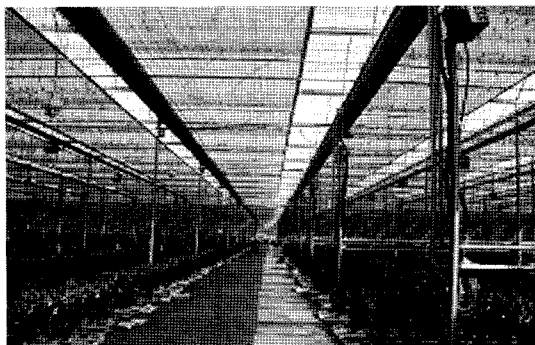
- 1) 열전도도 측정 등 지열원으로 사용예정인 시험공의 굴착은 총 7개공으로 A동 인근에 5개공과 B동 인근에 2개공을 실시하였다.
- 2) 시험공 상부 미고결암(자갈, 호박돌, 전석) 부분은 구경 200 mm로 굴착하고 150 mm

케이싱을 신선한 기반암(셰일)까지 설치하였으며, 기반암 지점은 나공(Open Hole) 상태로 굴착하였다.

- 3) 굴착결과 상부 자갈, 전석, 호박돌 등으로 구성된 미고결암층의 두께는 13 ~ 38 m 정도이고 하부는 기반암(셰일)이 분포한다. 기반암(셰일) 하부지점 약 50 m 지점까지는 파쇄대의 발달이 미약하나 절리현상이 나타나고 있으며 기반암은 비교적 양호한 상태로 분포하나, 심부 50 m 이상부터는 모든 시험공에 절리, 파쇄대로 인하여 공내 붕괴현상이 발생하여 굴착이 어려운 상황이었다.
- 4) 시험공을 굴착한 지역의 지질분포는 셰일층과 화강암, 응회암, 응회암 등 다양하게 분포하며, 서쪽으로는 남북방향의 단층이 위치한다.
- 5) 시험공 7개공 굴착 결과 기반암(셰일)은 상부 약 50 m 지점까지는 절리현상이 나타났고, 50 m 하부는 절리와 함께 파쇄대의 발달로 공내 붕괴 현상이 모든 공에서 공통적으로 나타나고 있었다. 따라서 지질 전반적으로 절리로 인한 굴착 시 압편의 흘러내림으로 비트 킴 현상이 나타났고 있고, 파쇄대 부분에서는 절리현상이 보태어져 흠 붕괴가 발생하며 별도의 조치가 없이 굴진이 어려웠다. 안정적



[그림 2] 온실 외부 전경

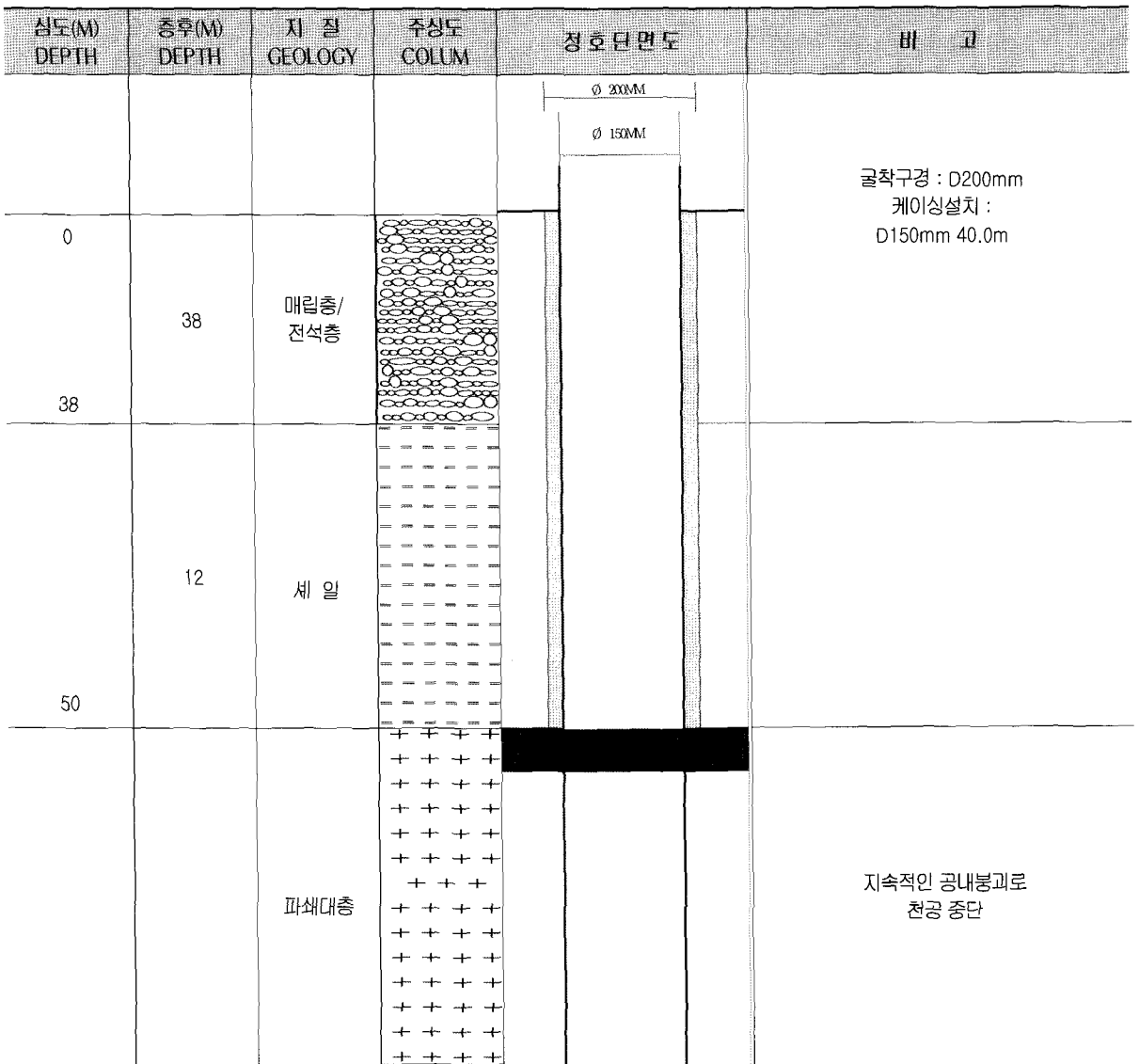


[그림 3] 온실 내부 전경

<표 1> 지열원 시험공 개발 현황

지질분포	공 변	W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6	W-7
자갈, 호박돌, 전석		0-28m	0-28m	0-13.5m	0-23m	0-38m	0-15m	0-31m
기반암(세일)		28-50m	28-50m	13.5-54m	23-100m	38-50m	15-115m	31-53m
공내 붕괴지점		50m 하부	50m 하부	54m 하부	100m 하부	50m 하부	115m 하부	53m 하부
케이싱설치		28m	28m	15m	23m	40m	104m	31m

<표 2> 주상도



<표 3> 온실 및 외기 조건

기본 조건	온실조건				외기조건				온도차 (°C)	절대 습도차
	건구온도	습구온도	습도	절대습도	건구온도	습구온도	습도	절대습도		
	(°C)	(°C)	(%)	kg/kg	(°C)	(°C)	(%)	kg/kg		
난방	18.0	12.1	50	-	-8.8	-12	54.7	-	26.8	
냉방	22.5	17.1	75	0.011	30.0	27.5	75.0	0.019	7.5	0.008

\*외기조건 : 건구온도는 최근5년(2004~2008년)간 년중 최저평균온도  
 냉방시 건구온도는 야간 최고 온도  
 습도는 월평균값의 1월과 8월의 습도

굴착과 흙의 유지를 위해서는 최종 굴착예정 심도까지 케이싱을 설치하는 것이 필요하며, 이에 따른 시간과 비용이 대폭 증대될 것으로 예상되었다. 비교적 절리가 양호한 위치를 찾아 천공하더라도 비트킴 현상 및 많은 암편의 토출 등으로 천공시간이 과다하게 소요되고 50 m이하에서는 대규모 파쇄대로 흙 붕괴가 일어날 수 있으므로 중단부까지 케이싱을 하지 않을 경우에는 천공 깊이를 예단할 수 없는 지질구조이었다.

시작되면 냉방부하가 서서히 증가하게 되어 천장에 설치된 단열부직포 커튼을 쳐서 일사를 차단시키고 천장의 환기팬을 가동시켜 축열된 열을 외부로 토출시켜 냉방부하를 감소시키고 냉방은 주간의 피크부하를 감당하기는 너무 크기 때문에 야간의 부하만 감당하도록 히트펌프의 용량을 구성하였다.

**4. 설계과정**

**4.1 부하계산**

**4.1.1 부하특성**

난방 부하는 주로 야간에만 발생하며, 피크부하는 온실 내 축열된 열이 최소가 되는 일출 직전에 발생한다. 주간에는 일사에 의해 난방부하가 급속하게 감소하고 축열이 되어 일부 냉방이 필요한 경우가 발생하기도 하며 다시 일몰 이 후에는 난방부하가 현저하게 증가하게 된다.

냉방부하는 일사량을 포함한 피크부하는 일출이

**4.1.2 난방부하 산출기준**

- 1) 온실 및 외기 조건(표 3)
- 2) 건물 면적(표 4)
- 3) 건물 외피면적(표 5)

**4.1.3 피크 부하 계산**

- 1) 난방 부하 결과(표 6)
  - (1) 피복재료의 종류에 따른 난방부하 계수(표 7)
  - (2) 보온 피복방법에 따른 열절감률(표 8)
- 2) 냉방 부하 결과
  - (1) 현열 냉방부하(표 9)

<표 4> 건물 면적

동별	폭(m)	길이(m)	높이(m)	총고(m)
A동	88	132	6.5	5.2
B동	88	112	7	5.7

<표 5> 건물 외피면적

동별	측벽-1(m <sup>2</sup> )	측벽-2(m <sup>2</sup> )	지붕(m <sup>2</sup> )	합계(m <sup>2</sup> )
A동	1,373	1,030	12,987	15,389
B동	1,277	1,118	11,019	13,413

<표 6> 난방 부하 결과

구분	단위	기호	A동 난방	B동 난방	비고
난방설정온도	℃	Ts	18.0	18.0	
외기온도	℃	Ta	-8.8	-8.8	최근5년최저평균온도
지면온도기준	℃	Tg	12	12	실내 지면온도
피복재 열관류계수	W/m <sup>2</sup> ℃	Ht	6.6	6.6	
환기 전열계수	W/m <sup>2</sup> ℃	Hv	0.28	0.28	
지표면 전열계수	W/m <sup>2</sup> ℃	Hs	0.28	0.28	
보온피복열절감율	W/m <sup>2</sup> ℃	Fr	0.6	0.6	
풍속보정계수		Fw	1.0	1.0	
온실바닥면적	m <sup>2</sup>	As	11,616	9,856	
온실 표면적	m <sup>2</sup>	Ag	15,389	13,413	
관류전열부하(W/m <sup>2</sup> ) Qt = Ht(Ts - Ta) * (1 - Ft)			71.1	71.1	
지중전열부하(W/m <sup>2</sup> ) Qs = Hs(Ts - Ta) * (1 - Ft)			1.7	1.7	
최대난방부하(kW) Qg = [AG(Qt + Qv) + As*Qs] * Fw			1,228	1,070	

<표 7> 피복재료의 종류에 따른 난방부하 계수

구분	냉난방부하계수		비고
	(kcal/m <sup>2</sup> .h.℃)	(W/m <sup>2</sup> .h.℃)	
유리온실	5.3	6.2	농진청자료
비닐하우스	5.7	6.6	농진청자료

<표 8> 보온 피복방법에 따른 열절감률

보온방법	피복재료	열 절감율	
		유리온실	플라스틱하우스
2중피복	염화비닐필름	0.4	0.4
	폴리에틸렌필름	0.35	0.4
1층 커튼	폴리에틸렌필름	0.3	0.35
	염화비닐필름	0.35	0.4
	부직포	0.25	0.3
2중 커튼	알루미늄분말혼입필름	0.4	0.45
	알루미늄증착필름	0.5	0.55
	폴리에틸렌필름 2중	0.45	0.45
	폴리에틸렌필름+알루미늄필름	0.65	0.65

<표 9> 현열 냉방부하

구분	단위	기호	A동 냉방	B동 냉방	비고
냉방설정온도	℃	Ts	22.5	22.5	
외기온도	℃	Ta	30.0	30.0	야간 최고기온
지층온도	℃	Tg	24.0	24.0	
피복재열관류계수	W/m <sup>2</sup> ℃	Ht	6.6	6.6	
환기 전열계수	W/m <sup>2</sup> ℃	Hv	0.33	0.33	
지표면 전열계수	W/m <sup>2</sup> ℃	Hs	0.28	0.28	
풍속보정계수			1.0	1.0	
보온재피복절감율		Fr	0.6	0.6	
온실바닥면적	m <sup>2</sup>	As	11,616	9,856	
온실 표면적	m <sup>2</sup>	Ag	15,389	13,413	
온실체적	m <sup>3</sup>	Av	60,403	56,179	
관류전열부하(W/m <sup>2</sup> ) Qt = Ht(Ts - Ta) * (1 - Ft)			19.8	19.8	
환기전열부하(W/m <sup>2</sup> ) Qv = Hv(Ts - Ta)			25	25	
지중전열부하(W/m <sup>2</sup> ) Qs = Hs(Ts - Tg)			0.4	0.4	
최대난방부하(kW) Qg = [Ag(Qt + Qv) + As*Qs] * Fw			348	303	

(2) 잠열 냉방부하

냉방운전 시작시 온실내부의 온도, 습도는 외기와 같은 상태로 가정 함.

(현열부하 : 348 kW, 잠열부하 : 402 kW)

B동 : 677 kW

(현열부하 : 303 kW, 잠열부하 : 37 kW)

① A동

잠열      비중      체적      절대습도차  
 $597 \text{ Kcal/Kg} \times 1.2 \text{ Kg/m}^3 \times 60,403 \text{ m}^3 \times 0.008 \text{ Kg/Kg}$   
 $= 345425.55 \text{ Kcal/h} = 402 \text{ kW}$

② B동

잠열      비중      체적      절대습도차  
 $597 \text{ Kcal/Kg} \times 1.2 \text{ Kg/m}^3 \times 56,179 \text{ m}^3 \times 0.008 \text{ Kg/Kg}$   
 $= 321269.91 \text{ Kcal/h} = 374 \text{ kW}$

3) 부하 열원별 구분

지질 형태가 주상도와 같이 시험천공시 지반이 계속 무너져 지열시스템을 일부 천공이 가능한 부분만 수직밀폐형으로 하고 나머지는 수평밀폐형으로 구성하였다. 시스템별 부하 구분은 표 10, 11과 같다.

(3) 전체 냉난방부하

① 난방부하    A동 : 1,228 kW

                  B동 : 1,070 kW

② 냉방부하    A동 : 750 kW

**4.2 지중열교환기 계산**

4.2.1 수평밀폐형 열전도 테스트

1) 수평형 열전도도 측정방법

(1) 측정지점 주위를 1.5 m 깊이로 굴착 후 탐

<표 10> 난방

구분	피크부하	형식별 지열분담			보조열원	비고
		수직밀폐형	수평밀폐형	계		
A동	1,228	770	175	945	경유보일러	
B동	1,070	140	665	805		
계	2,298	910	840	1,750		

<표 11> 냉방

구분	피크부하	형식별 지열분담			보조열원	비고
		수직밀폐형	수평밀폐형	계		
A동	750	660	150	750	냉각탑	
B동	677	120	557	677		
계	1,427	720	707	1,426		

침봉을 지면에 수직으로 꽂고

(2) 현장 탐침법에 의한 열전도도를 측정

2) 열전도도 측정 장비

(1) 장비 모델명 : KD2

(2) 제조사 : DECAGON / USA

3) 측정 결과

(1) W-1 지점 : 1.53 W/m-K

(2) W-2 지점 : 1.63 W/m-K

(3) W-3 지점 : 1.78 W/m-K

-----  
 평균 : 1.64 W/m-K

적용 : 1.59 W/m-K

**KD2 Specifications**

**Measurement speed:**  
2 minutes.

**Accuracy:**  
5% Thermal Conductivity.  
10% Thermal Diffusivity.

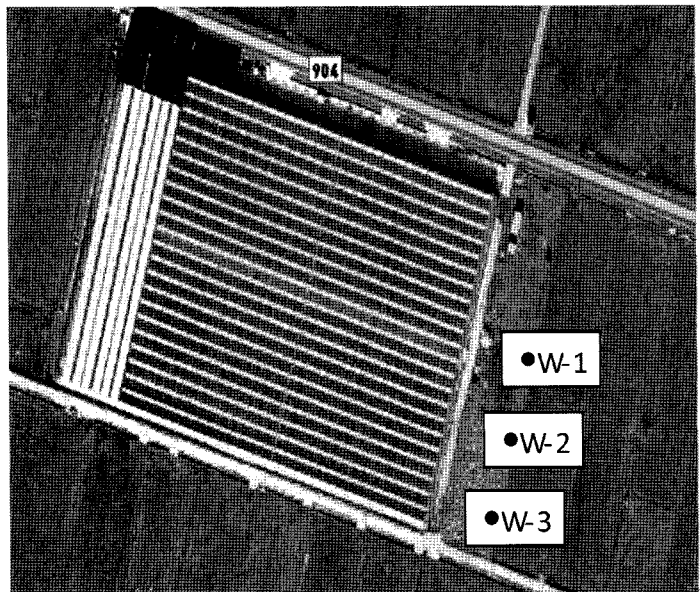
**Power:**  
3.6 volt lithium battery.

**Weight:**  
115g [4oz].

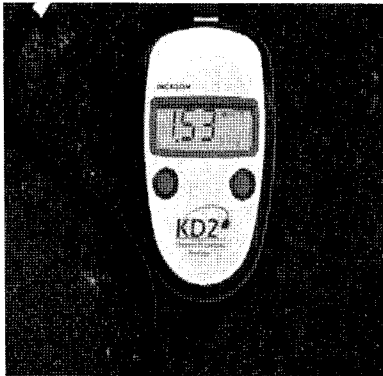
**Warranty:**  
One year parts and labor.

**Operating environment:**  
5 to 40°C.

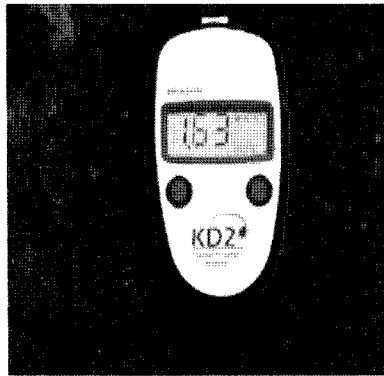
**Range of measurement:**  
**K** 0.1 to 2 Wm<sup>-1</sup> C<sup>-1</sup>  
**D** 0.1 to 1.0 mm2s<sup>-1</sup>  
**R** 0.5 to 10 mC W<sup>-1</sup>



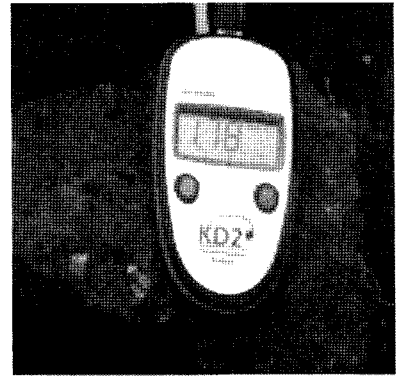
[그림 4] 측정 장비 사양 및 측정 지점(A동)



W-1



W-2



W-3

[그림 5] 열전도 테스트 결과값

**4.2.2 수평밀폐형 열교환기 계산 결과**

- 1) A동 수평밀폐형 계산결과(표 6)
- 2) B동 수평밀폐형 계산결과(표 7)

**4.2.3 수평밀폐형 지중열교환 사양**

- 1) A동 지중열교환기(표 8)

형태 사양

- ① 형식 : Slinky
- ② 트렌치 규격 :  
Ø91cm × Pitch 30 cm × 길이 17.4 m
- ③ 트렌치 당 총 파이프길이 : 199 m
- ④ 트렌치 수량 : 64 EA (4개 ZONE)
- ⑤ 트렌치 간격 : 1.5 m
- ⑥ 지중열교환기 규격 : HDPE 25A (SDR 11)

- 2) B동 지중열교환기(표 9)

형태 사양

- ① 형식 : Slinky
- ② 트렌치 규격 :  
Ø91 cm × Pitch 30 cm × 길이 23 m
- ③ 트렌치 당 총 파이프길이 : 265m
- ④ 트렌치 수량 : 216 EA (8개 ZONE)
- ⑤ 트렌치 간격 : 1.6 m
- ⑥ 지중열교환기 규격 : HDPE 25A (SDR 11)

**4.3 설계도면**

**4.3.1 A동 설계도면**

- 1) 지열시스템 계통도(표 10)
- 2) 옥외 지열 배관 배치 평면도-(A동)(표 11)
- 3) 수평형 트렌치 배관 연결 상세도-(A동)(표 12)
- 4) 온실 팬코일 배관 평면도-(A동)(표 13)

**4.3.2 B동 설계도면**

- 1) 지열시스템 계통도(표 14)
- 2) 옥외 지열 배관 배치 평면도-(B동)(표 15)
- 3) 수평형 트렌치 배관 연결 상세도-(B동)(표 16)
- 4) 온실 팬코일 배관 평면도-(B동)(표 17)

**5. 시공과정**

본 공사는 지질여건으로 인해 천공이 가능한 부분은 수직밀폐형으로 하고 나머지는 수평밀폐형으로 2가지 형태의 지열시스템공사를 병행하여 수행하였다.

여기서는 수직밀폐형 시스템공사는 보편적으로 시공하고 있는 공법이므로 생략하고 시공기회가 많지 않은 수평밀폐형 공사에 대하여 설명하고자 한다.



<표 6> A동 수평밀폐형 계산결과

**Ground Loop Design**  
Horizontal Design Project Report - 2009-09-29



<b>Project Name:</b> Yangnam	
<b>Designer Name:</b> Shim	
<b>Date:</b> 2009-09-08	<b>Project Start Date:</b> 2009-09-08
<b>Client Name:</b> Yannam	
<b>Address Line 1:</b>	
<b>Address Line 2:</b>	
<b>City:</b>	<b>Phone:</b>
<b>State:</b>	<b>Fax:</b>
<b>Zip:</b>	<b>Email:</b>

**Calculation Results**

	COOLING	HEATING
Total Trench Length (m):	1027.9	1091.2
Trench Number:	64	64
Single Trench Length (m):	16.1	17.1
Total Pipe Length (m):	11843.1	12573.4
Single Trench Pipe Length (m):	185.0	196.5
Unit Inlet (°C):	30.0	5.0
Unit Outlet (°C):	35.7	1.7
Total Unit Capacity (kW):	154.2	167.0
Peak Load (kW):	130.0	175.0
Peak Demand (kW):	1.0	14.6
Heat Pump COP:	3.8	3.5
System COP:	3.8	3.7
System Flow Rate (L/min):	419.7	565.0

**Input Parameters**

Fluid		Soil	
Flow Rate:	11.4 (L/min)/3.5kW	Ground Temperature:	16.0 °C
Fluid:	9% Ethanol	Thermal Conductivity:	1.59 W/(m*K)
Specific Heat (Cp):	4.212 kJ/(K*kg)	Thermal Diffusivity:	0.061 m <sup>2</sup> /day
Density (rho):	981.9 kg/m <sup>3</sup>	Regional Air Temperature Swing:	12.0 °C
			Winter Summer
		Extreme Day in Year:	34 225
Piping		Modeling Time Period	
Pipe Type:	1 in. ( 25 mm ) - SDR11	Prediction Time:	10.0 years
Flow Type:	Turbulent	Long Term Soil Temperatures:	
Pipe Resistance:	0.088 m*K/W		Cooling: 16.9 °C
			Heating: 16.8 °C

[그림 3] 에너지 리사이클링

< 표 7 > B동 수평밀폐형 계산결과

**Ground Loop Design**  
Horizontal Design Project Report - 2009-10-11



<b>Project Name:</b> Yangnam	
<b>Designer Name:</b> Shin	
<b>Date:</b> 2009-09-08	<b>Project Start Date:</b> 2009-09-08
<b>Client Name:</b> Yangnam	
<b>Address Line 1:</b>	
<b>Address Line 2:</b>	
<b>City:</b>	<b>Phone:</b>
<b>State:</b>	<b>Fax:</b>
<b>Zip:</b>	<b>Email:</b>

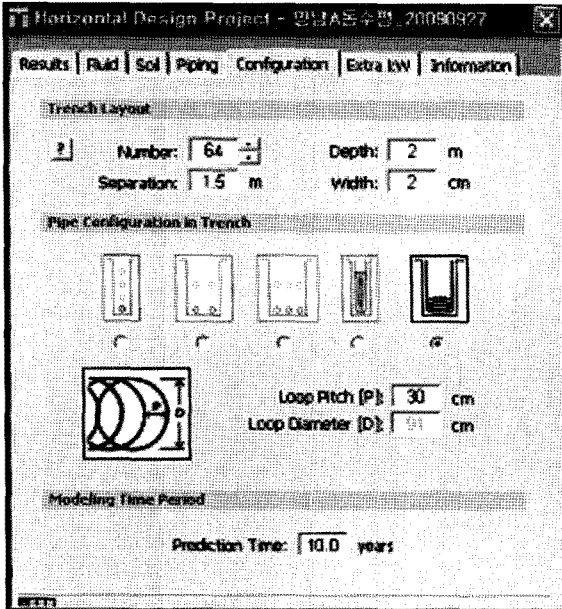
**Calculation Results**

	COOLING	HEATING
Total Trench Length (m):	3930.1	4912.2
Trench Number:	216	216
Single Trench Length (m):	18.2	22.7
Total Pipe Length (m):	45303.7	56626.5
Single Trench Pipe Length (m):	209.7	262.2
Unit Inlet (°C):	30.0	5.0
Unit Outlet (°C):	35.6	1.7
Total Unit Capacity (kW):	629.7	672.7
Peak Load (kW):	559.0	665.0
Peak Demand (kW):	20.9	175.2
Heat Pump COP:	4.0	3.8
System COP:	4.0	3.8
System Flow Rate (L/min):	1004.9	2147.1

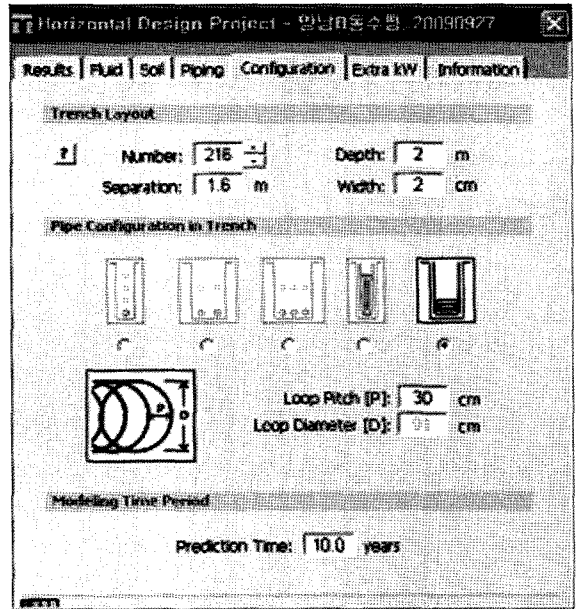
**Input Parameters**

Fluid		Soil	
Flow Rate:	11.4 (L/min)/3.5kW	Ground Temperature:	16.0 °C
Fluid:	9% Ethanol	Thermal Conductivity:	1.59 W/(m*K)
Specific Heat (Cp):	4.220 kJ/(K*kg)	Thermal Diffusivity:	0.061 m <sup>2</sup> /day
Density (rho):	981.9 kg/m <sup>3</sup>	Regional Air Temperature Swing:	12.0 °C
		<i>Winter</i>	<i>Summer</i>
		Extreme Day in Year:	34      225
Piping		Modeling Time Period	
Pipe Type:	1 in. (25 mm) - SDR11	Prediction Time:	10.0 years
Flow Type:	Turbulent	Long Term Soil Temperatures:	
Pipe Resistance:	0.088 m*K/W	<i>Cooling:</i> 15 °C	
		<i>Heating:</i> 15.2 °C	

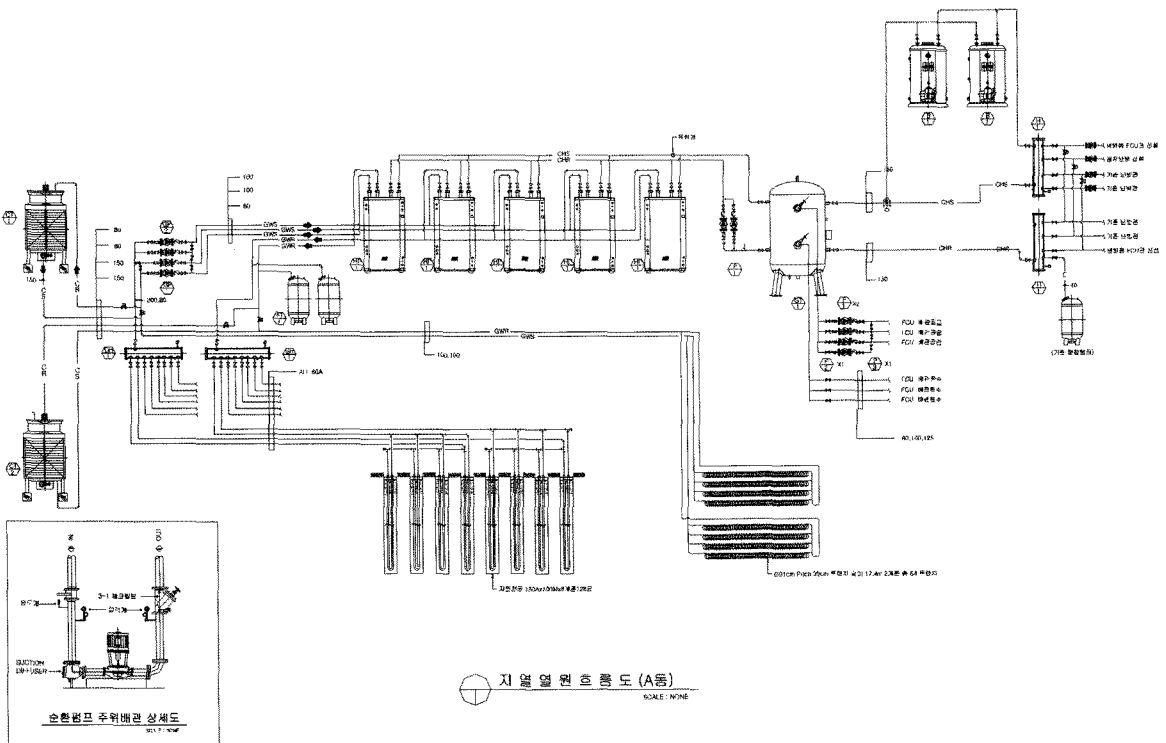
[그림 3] 에너지 리사이클링



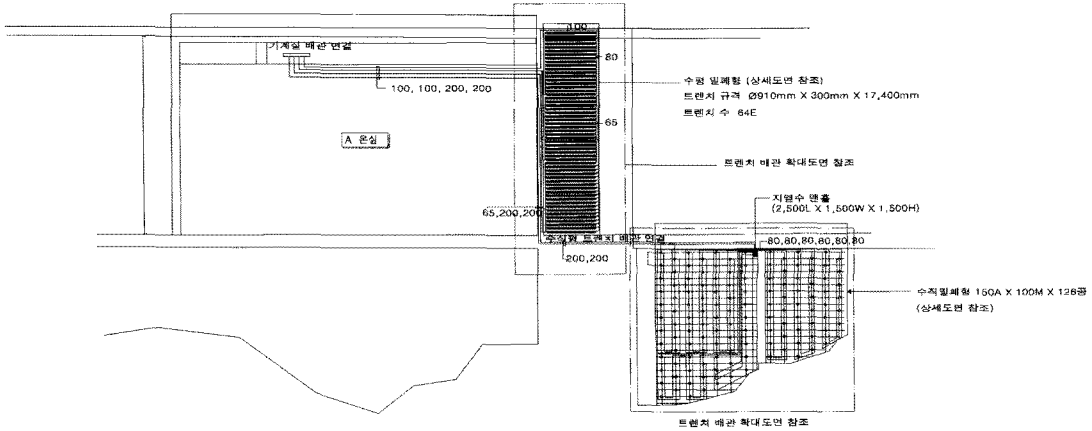
[그림 8] A동 지중열교환기



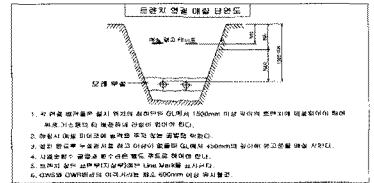
[그림 9] B동 지중열교환기



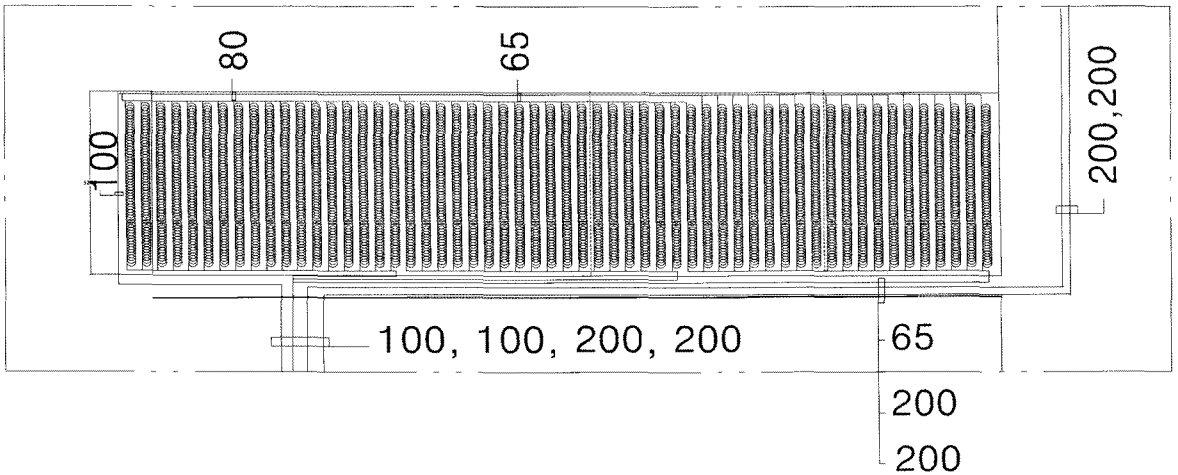
[그림 10] 지열시스템 계통도



옥외 지열배관 배치 평면도(A동)  
SCALE : NONE

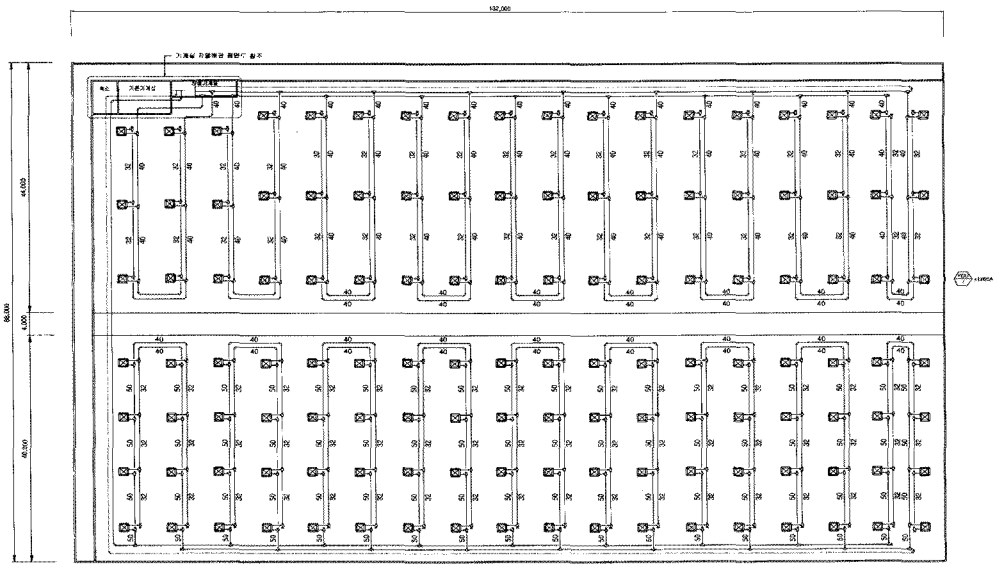


[그림 11] 옥외 지열 배관 배치 평면도-(A동)



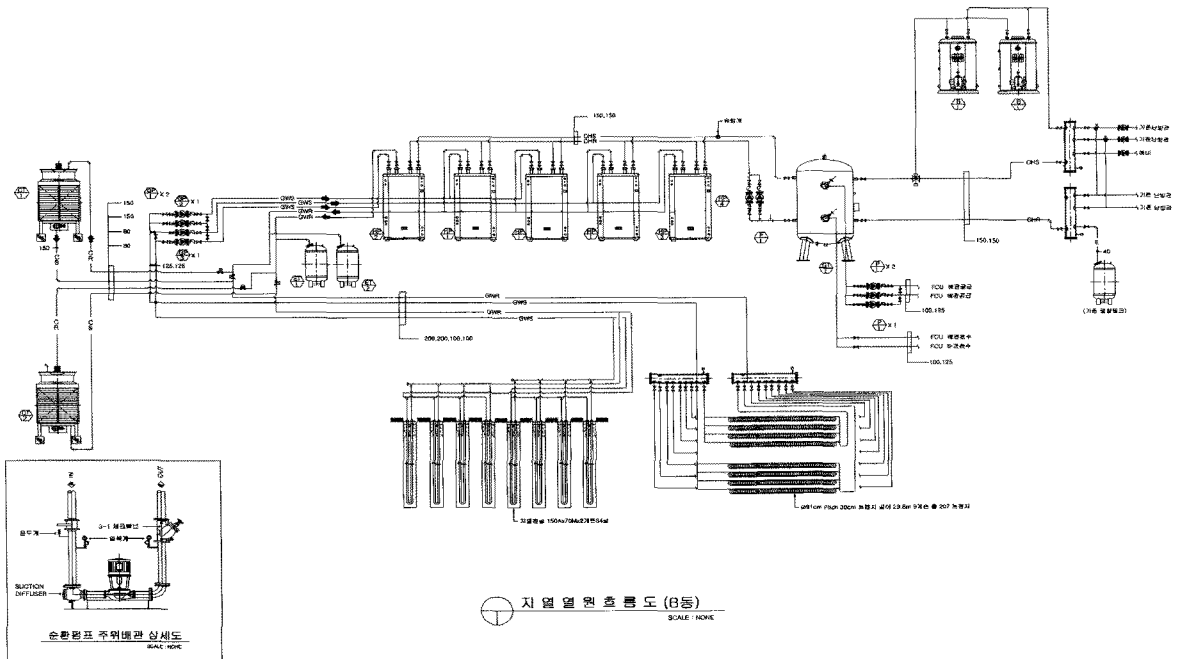
수평형 트랜치배관 연결 상세도 (A동)  
SCALE : NONE

[그림 12] 수평형 트랜치 배관 연결 상세도-(A동)



온실 팬코일 배관 평면도 (A동)  
SCALE : 1/1500

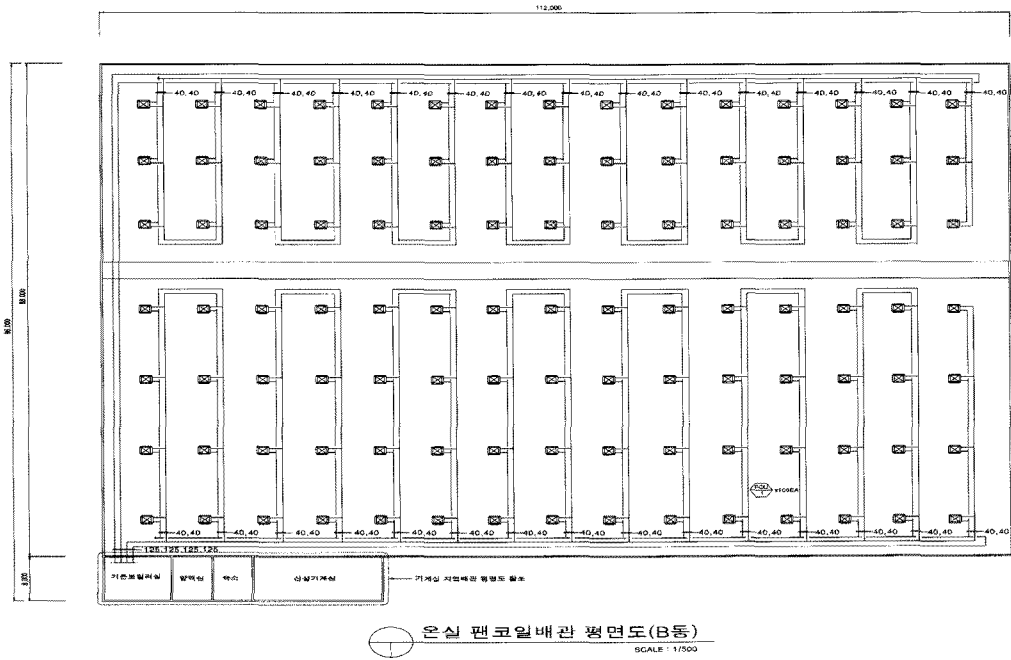
[그림 13] 온실 팬코일 배관 평면도-(A동)



지열 열원 흐름도 (B동)  
SCALE : 1/1000

[그림 14] 지열시스템 계통도





[그림 17] 온실 팬코일 배관 평면도-(B동)

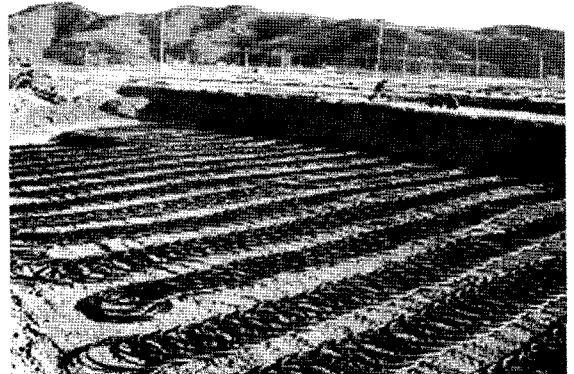
## 5.1 수평밀폐형 지중열교환기 시공과정

### 5.1.1 A동 시공

1) A동의 수평밀폐형 열교환기 설치면적은 약 100 m×21m의 부지를 확보하여 트랜치(지중열교환기) 단위당 크기를 D91 cm×30 cm피치×17.4 m길이로 64개, 트랜치 사이

는 1.5 m로 배치하여 설치하기로 하였다. 시공순서는 다음과 같다.

- ① 수평밀폐형 열교환기 설치위치를 선정한 후 1.5 m 깊이로 굴착을 하고
- ② 굴착 후 부지 평탄작업을 하고 모래를 깔 후
- ③ 트랜치(지중열교환기) 사이는 1.5 m 간격으로 폭 90 cm의 줄눈을 뒀다



[그림 18] A동 수평밀폐형 부지정리 및 열교환기 설치

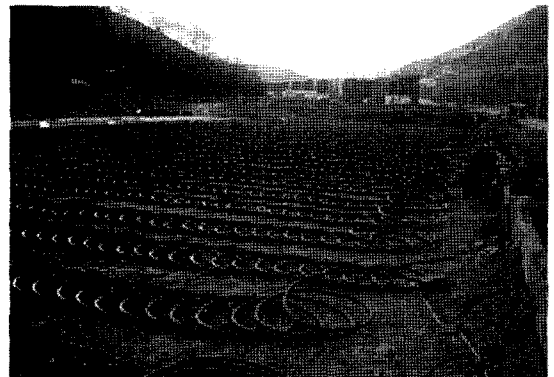
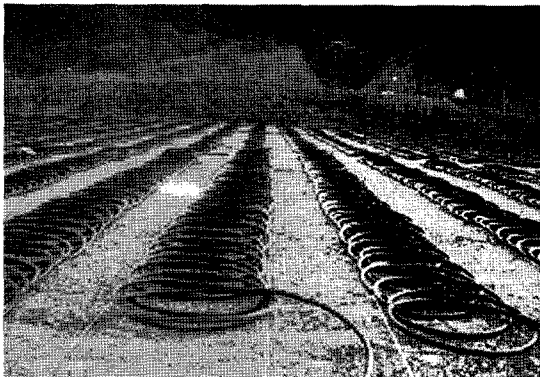
- ④ D25 PE관을 D91 cm 피치 30 cm 길이 17.4 m 로 깔고 16개 트랜치를 1개 zone, 전부 4개 zone으로 배관을 연결하여 기계실에 연결하도록 하였다.
- ⑤ 그 위에 잡석이 없는 부드러운 흙을 덮고 다진다.

5.1.2 B동 시공

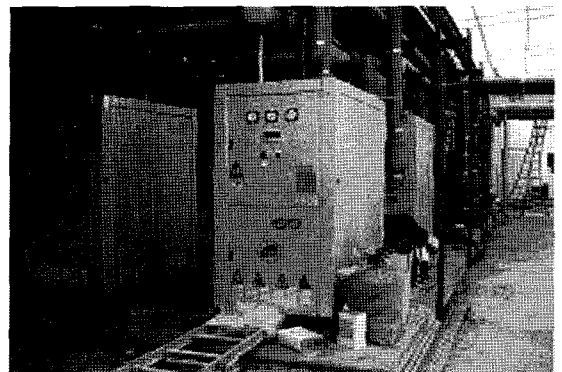
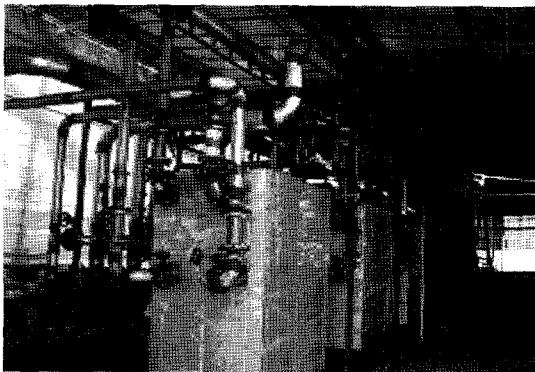
- 1) B동의 수평밀폐형 열교환기 설치면적은 약 70 m×80 m의 부지를 확보하여 트랜치(지중열교환기) 단위당 크기를 D91 cm×30 cm 피치×23 m길이를 가로 72개, 세로로 3단으로 트랜치 사이는 1.6 m로 배치하여 설치하

기로 하였다. 시공순서는 다음과 같다.

- ① 수평밀폐형 열교환기 설치위치를 선정한 후 1.5m 깊이로 굴착을 하고
- ② 굴착 후 부지 평탄작업을 하고 모래를 깔 후
- ③ 트랜치(지중열교환기) 사이는 1.6 m간격으로 폭 90 cm의 줄눈을 뚫는다
- ④ D25 PE관을 D91 cm 피치 30 cm 길이 17.4 m 로 깔고 27개 트랜치를 1개 zone, 전부 8개 zone으로 배관을 연결하여 기계실에 연결하도록 하였다.
- ⑤ 그 위에 잡석이 없는 부드러운 흙을 덮고 다진다.



[그림 19] B동 수평밀폐형 열교환기 설치



[그림 20] A동(좌), B동(우) 기계실 전경



## 6. 결론

수직밀폐형은 열교환기의 배관 길이가 수만 미터가 되기 때문에 시공 완료 후 열교환기내의 Air 처리와 지열수의 분배 즉, 지열수가 각 열교환기에 적정량이 분배 되도록 하는 문제를 해결하여야만 시스템이 정상적인 운전이 가능할 것으로 판단되어 지열순환펌프를 연속 운전하여 배관내의 Air를 제거하는데 많은 시간을 할애하였으며 또한 유량분배는 정확한 측정은 하지 않았으나 적정한 유량이 분배되도록 노력 하였다.

공사를 완료 후 현지사정으로 인하여 운전이 정상적으로 되지 않아 수평밀폐형 시스템의 실증 확인이 어려우나 운전이 정상화가 되면 계속 모니터링을 하여 확인이 필요하며 그동안 운전 경

험으로 미루어 수평밀폐형 시스템은 외부 기후에 다소 영향을 받는 것이 확인되어 동절기에 수평 밀폐형 열교환기의 성능을 높힐려면 외부 기후에 영향을 받지 않게 열교환기 설치 주위를 비닐온실처럼 덮어주면 주간의 일사량에 의해 축열이 되는 열이 지중열교환기에 전도되어 성능을 높일 수 있고 눈, 비등의 영향도 받지 않아 열효율이 더욱 높아질 것으로 예상 된다.

끝으로 본 지방보급 사업은 국내에서 플라스틱 온실에 대용량의 수평밀폐형 지열시스템을 적용한 최초의 설계, 시공 사례로서, 추후 농업분야에서의 수평밀폐형 지열시스템에 관한 여러 가지 다양한 방법과 시도를 위한 참고자료로 조금이나마 도움이 되길 바란다. 🍀