

목 차

제 1 장 일반사항

1.1	사건번호	03
1.2	감정 목적물 위치	03
1.3	감정 목적물 현황	03
1.4	감정의 목적	19
1.5	감정수행 기간	19
1.6	참여 기술자 명단	19

제 2 장 감정의 기준

2.1	감정할 사항	22
2.2	조사의 기준과 방법	26

제 3 장 감정 사안별 조사 및 분석

3.1	현황 파악	27
1)	냉난방 시스템 고찰	28
2)	지열 시스템의 이해	32
3.2	현장 조사 분석	42
3.3	감정 사안별 조사 및 분석(감정 결론)	49

제 4 장 현장 조사 사진

4.1	현장 조사 사진	별첨
-----	----------	----

붙 임

1. 붙임 1 : 제4장 현장 조사 사진첩
2. 붙임 2 : 제어반 시퀀스도
3. 붙임 3 : 원고 제출 자료
4. 붙임 4 : 히트 펌프 사용 설명서(카타로그)

사건 당사자의 개인정보를 음영 처리하였습니다. 참고만을 바라며 무단 배포 및 복제는 금합니다.

제 1장 일반사항

- 1.1 사건번호
- 1.2 감정 목적물 위치
- 1.3 감정 목적물 현황
- 1.4 감정의 목적
- 1.5 감정수행기간
- 1.6 참여 기술자 명단

제 1 장 일 반 사 항

1.1 사 건 번 호

사건번호 : 2018가합 000000

원 고 : 00000아파트입주자대표회의

피 고 : 00000사 외 1명

1.2 감정 목적물 위치(현장 조사 위치)

세종특별자치시 000000 아파트

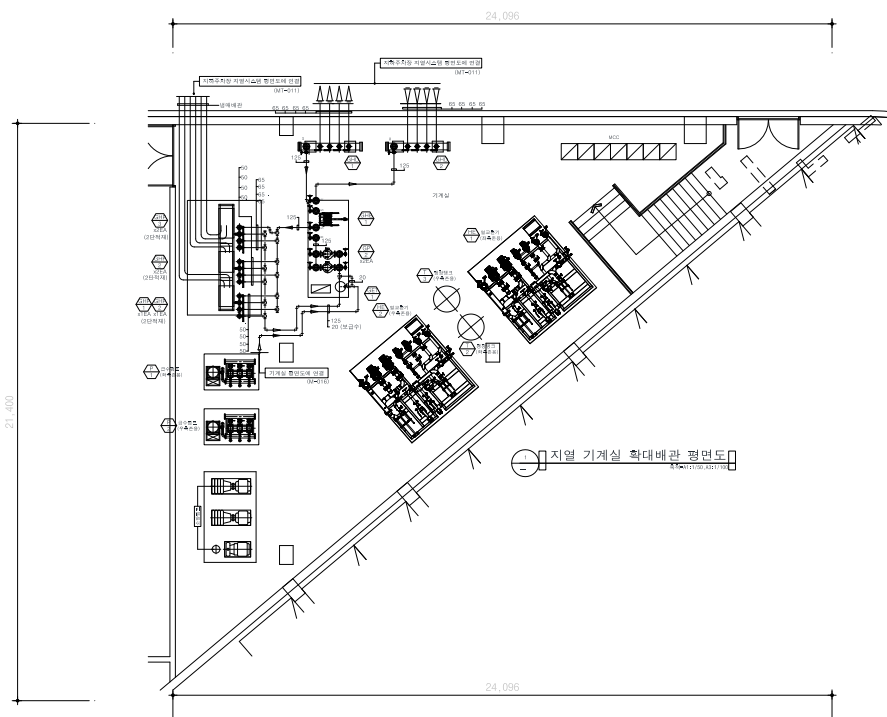
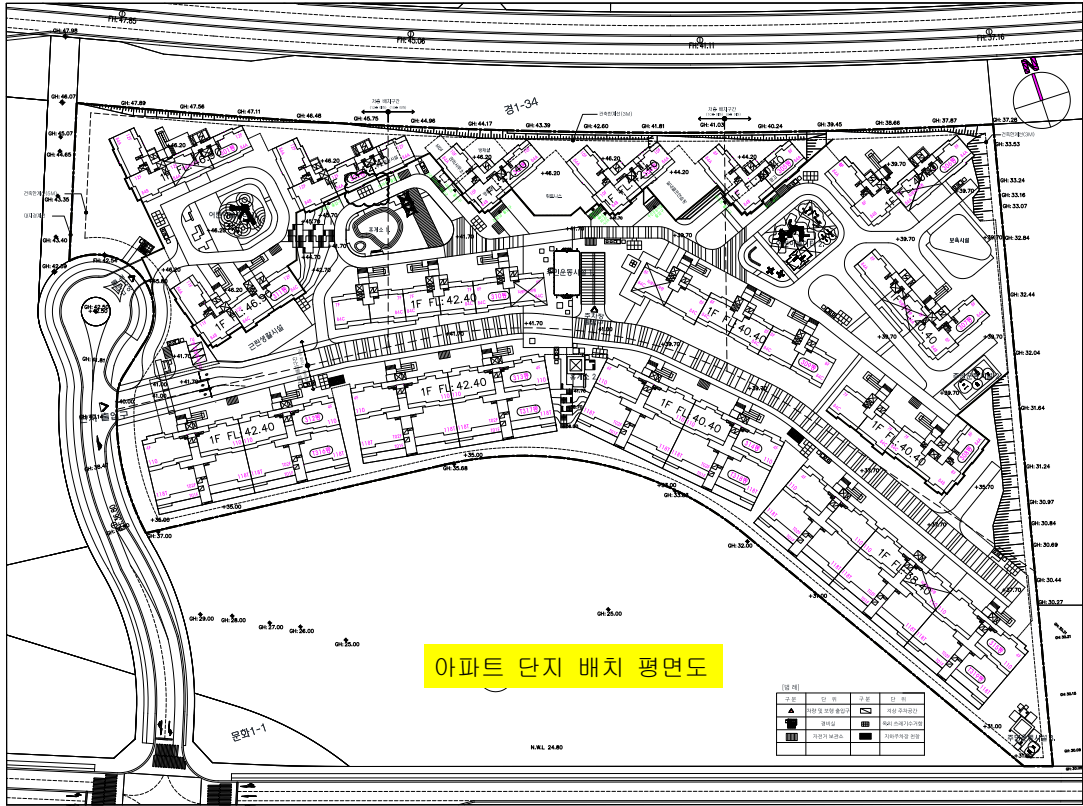
1.3 감정 목적물 현황

- 1) 감정 목적물 : 공동 주택, 아파트
- 2) 단 지 규 모 : 파트세대수 총 0001 세대
- 3) 대 지 면 적 : 45,587.00㎡
- 4) 건 축 면 적 : 14,340.99㎡
- 5) 감 정 내 용 : 단지내 지중열 이용 냉난방시스템 히트 펌프 하자 감정

감정 목적물 단지 외부 전경



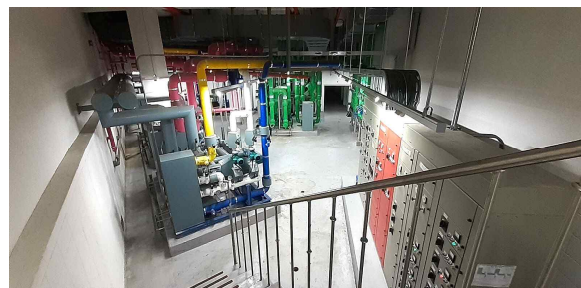
감정 목적물 단지 배치 평면도 및 기계실 평면도



6) 감정 목적물 현장 조사 사진

(1) 히트펌프 설치 기계실 전경

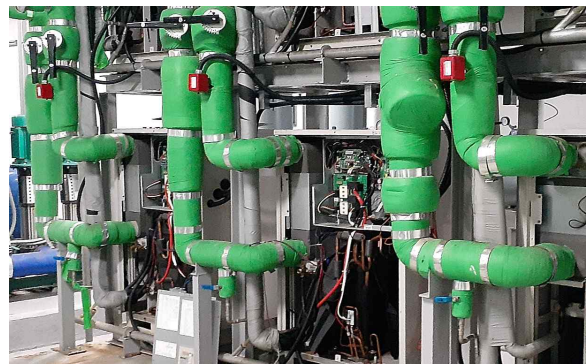
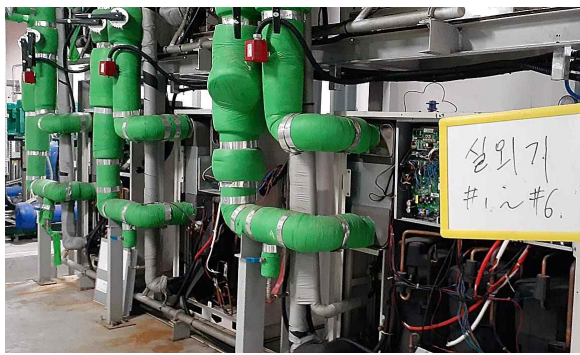
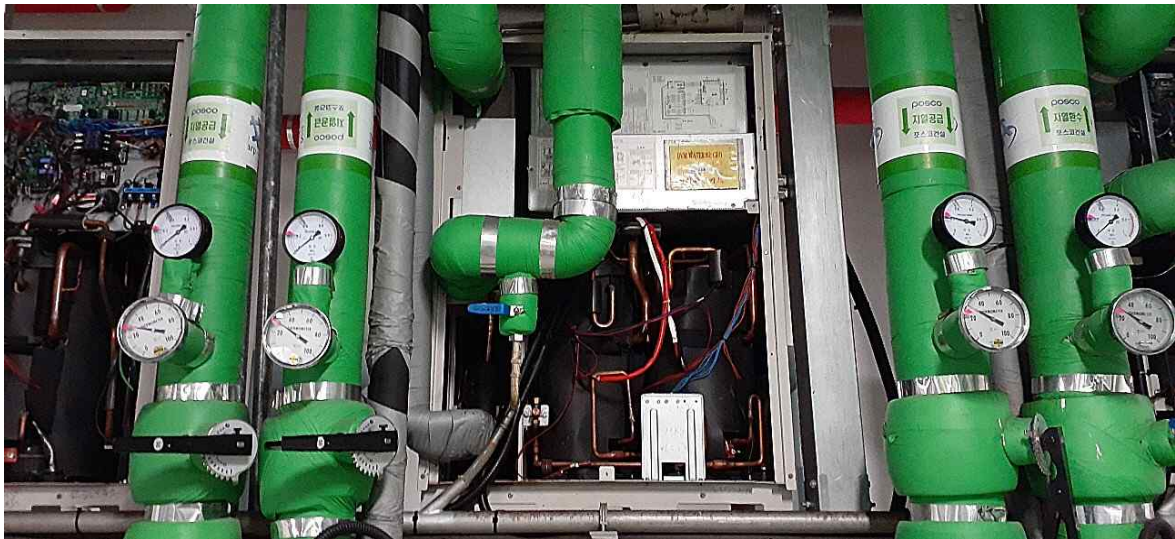
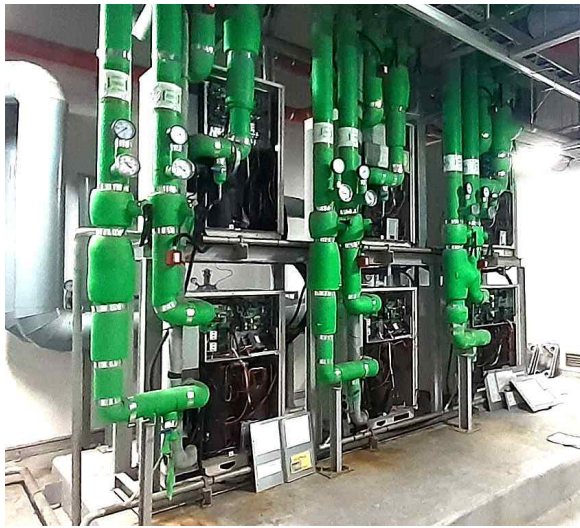
감정 목적물 히트 펌프 기계실 전경



1. 더 많은 사진들은 첨부한 현장 조사 사진첩을 참조하시기 바랍니다. 이하 같다.

(2) 히트 펌프 전경

감정 목적물 히트 펌프 전경



(3) 열교환기 전경

감정 목적물 열교환기 전경



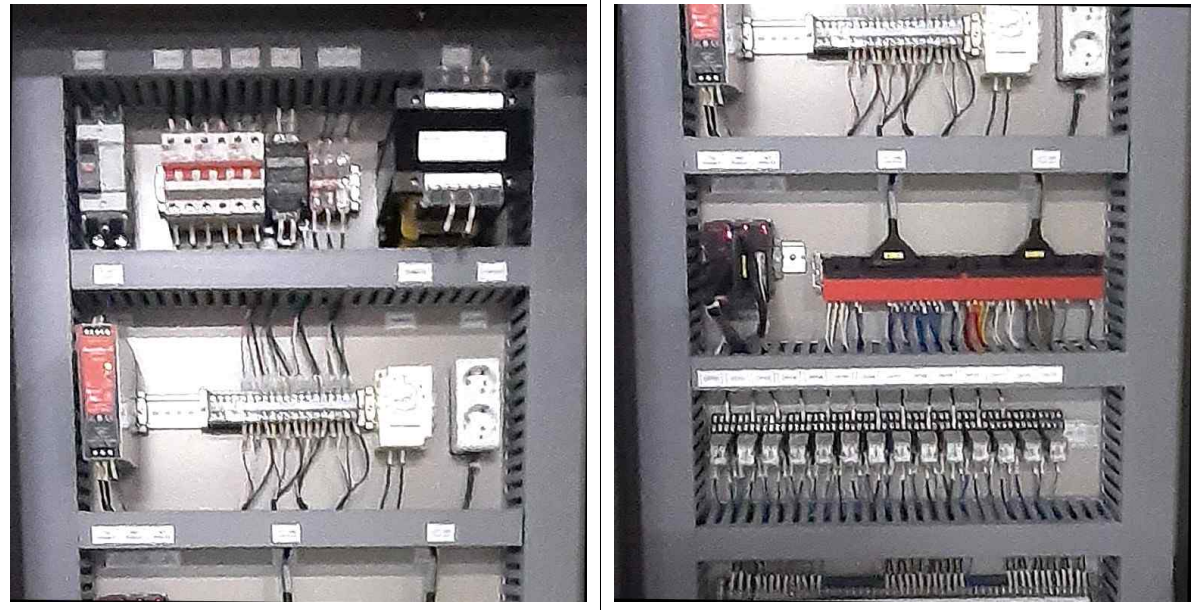
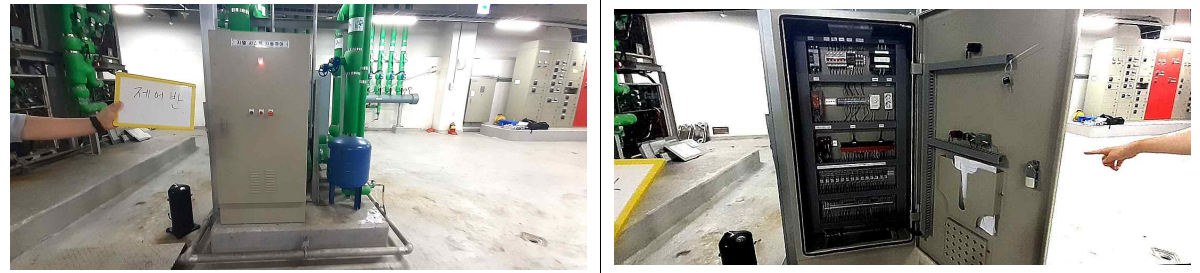
(4) 순환수 공급 헤더 및 환수 헤더

감정 목적물 분배기(Header) 전경

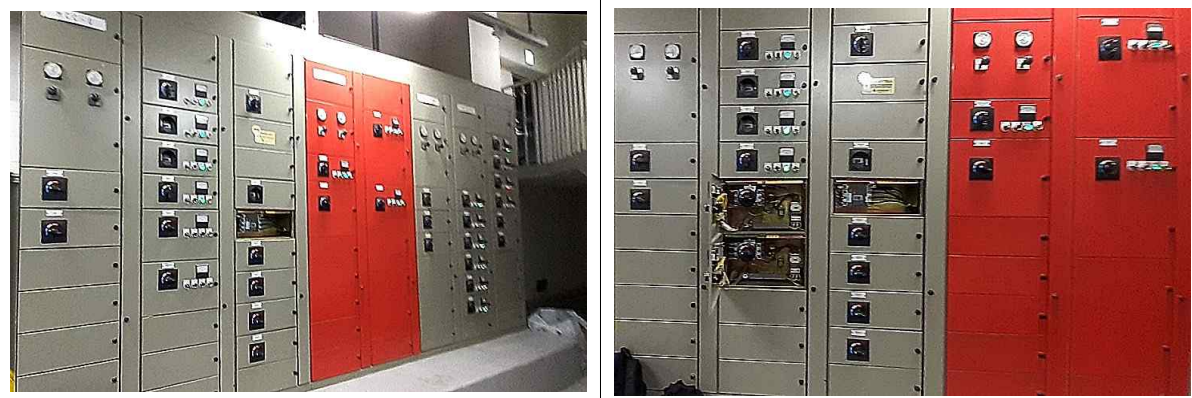


(5) 지열시스템 통합제어반 판넬 및 기계실 MCC 판넬

감정 목적물 통합제어반 및 MCC 판넬



지열시스템 통합 제어반 판넬

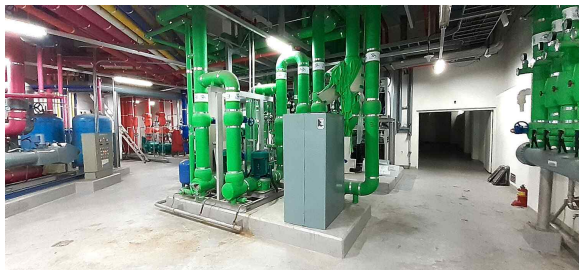
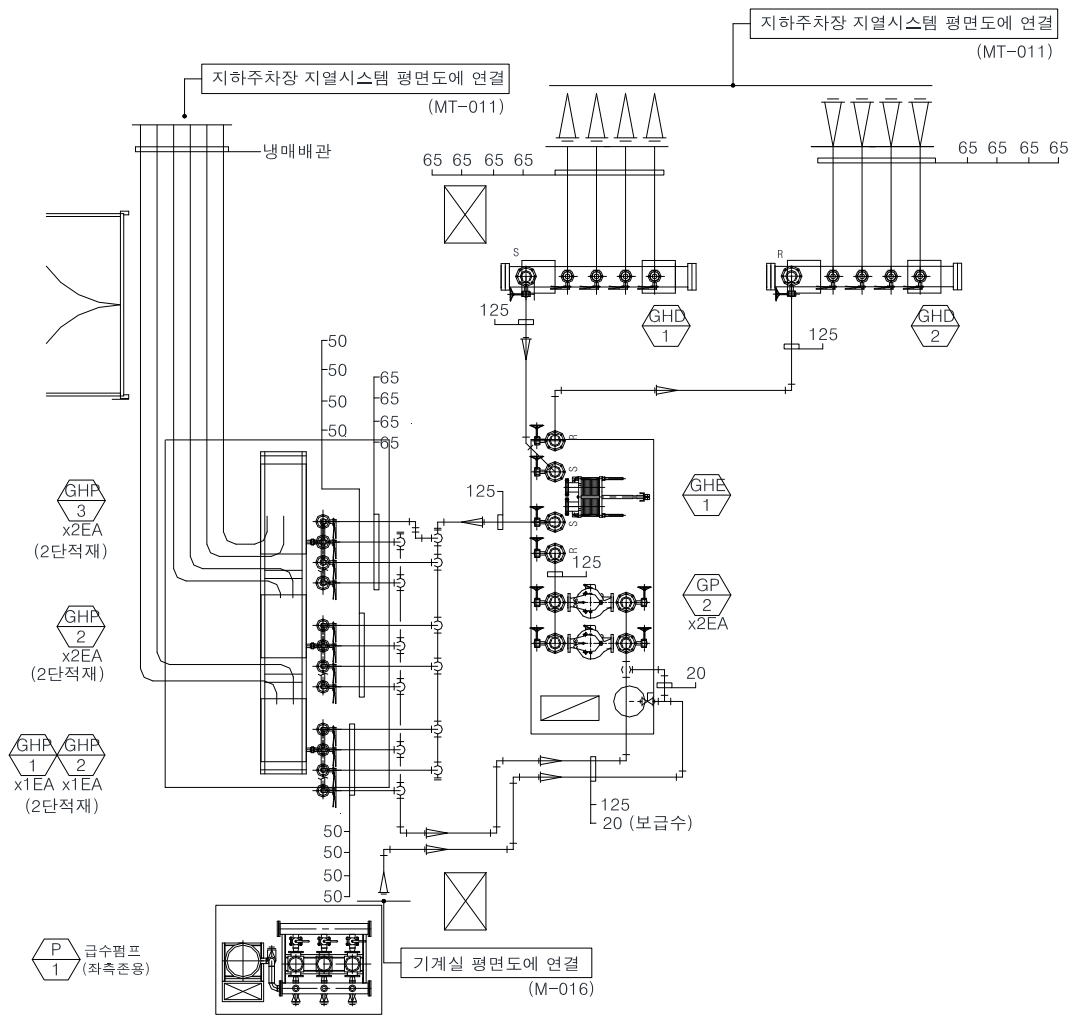


기계실 MCC 판넬

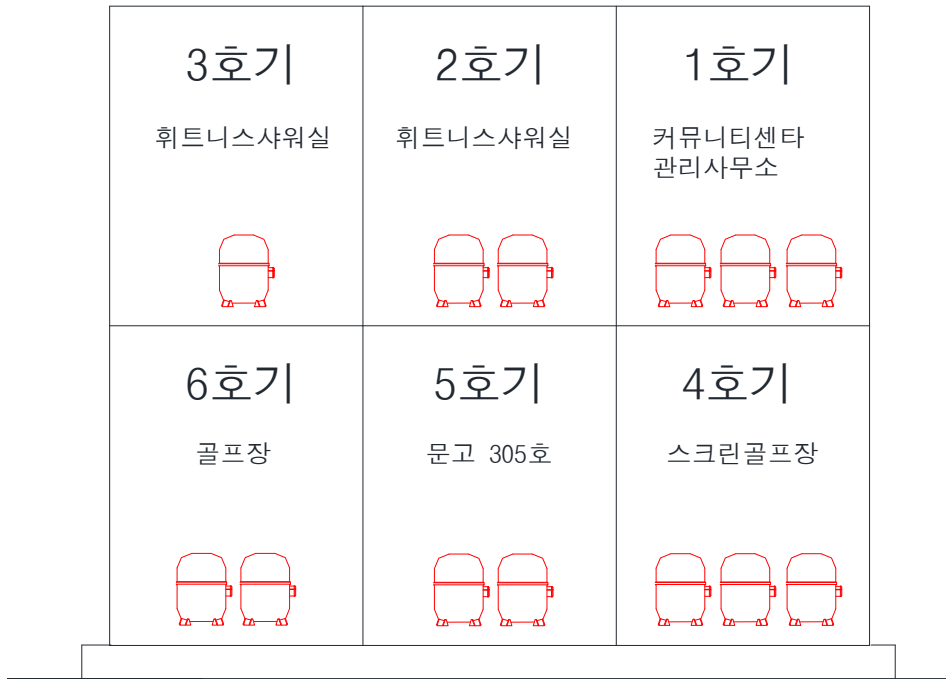
7) 감정 목적물 관련 도면

(1) 기계실 장비 배치도

감정 목적물 기계실 장비 배치도



이 사건 지열 시스템 히트 펌프 규격 및 설치 입면 형상



기계실 히트 펌프 설치 입면

히트 펌프 장비 규격표

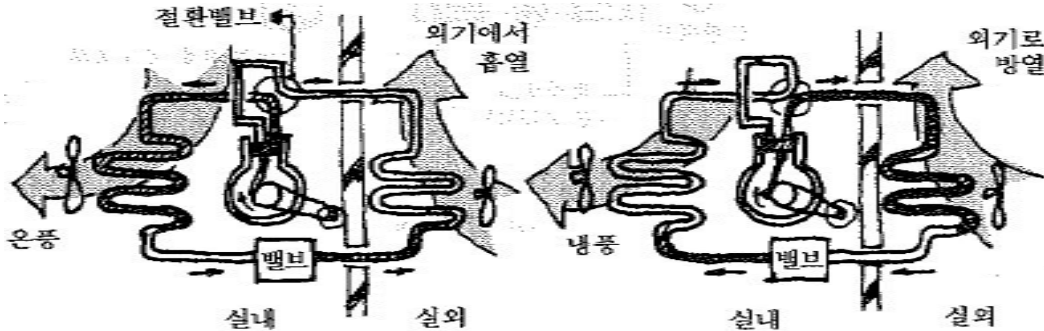
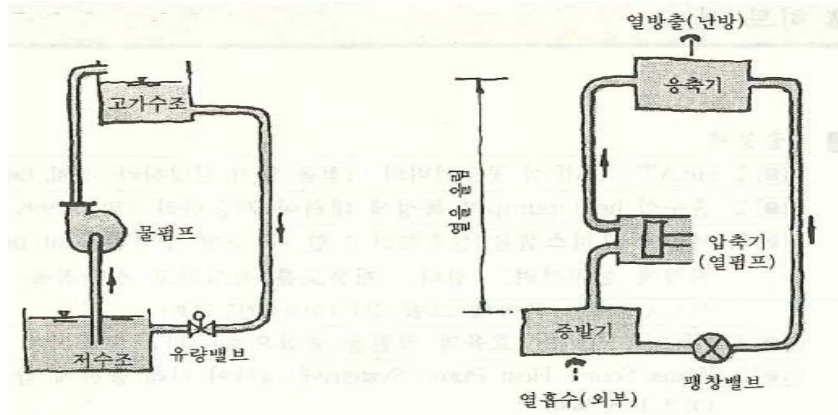
장비명	냉 방	난 방	압축기	냉 매	수 량	심 볼
GHP 1	26.4	29.8	Scroll	R410A	1	☐
GHP 2	53.8	58.4	Scroll	R410A	3	☐☐☐
GHP 3	84.1	83.6	Scroll	R410A	2	☐☐☐
단 위	Kw	Kw	—	—	—	—

히트 펌프 장비 규격표

8) 지열 냉난방 시스템의 이해

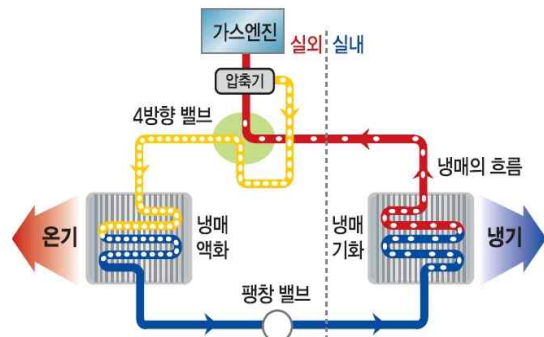
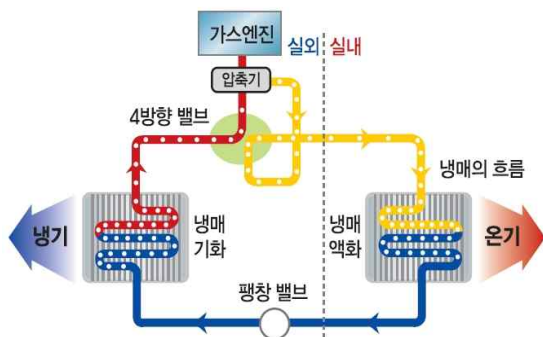
(1) 냉난방의 이해

열펌프와 냉난방 사이클







난방 사이클

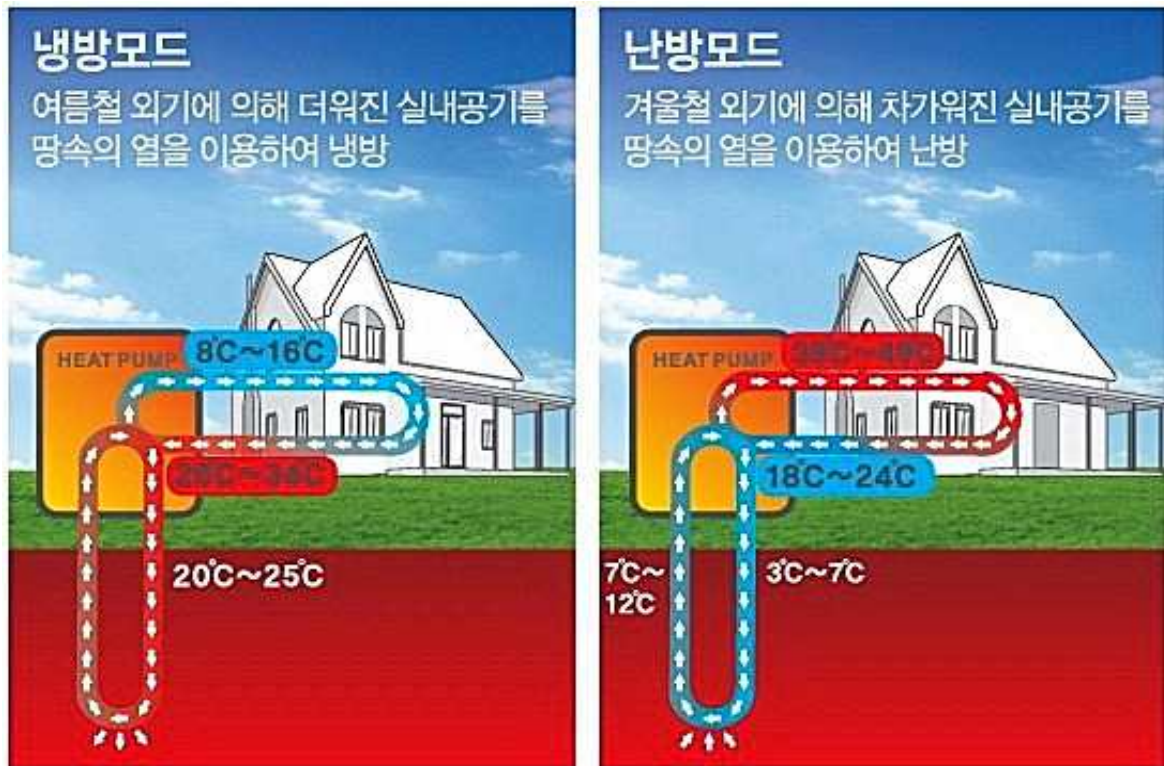
냉방 사이클



(2) 지중 열원 방식의 냉난방 시스템

지열 이용 냉난방 시스템

구분	수직방식	수평방식	우물 관정형 (SCW) 방식	지하수방식
구조				
지중 시공 깊이	100~150 m	1.5 m	350 m	100 m
천공당 용량	2~3 RT	면적에 비례	20~40 RT	유량에 비례
천공수 (100RT기준)	33~50공	트렌치 길이	약4공	약2공
설치면적 (㎡)	1000~1300 ㎡	2400 ㎡	총 100 ㎡ (공당 25 ㎡)	총 4 ㎡ (공당 2 ㎡)
유입 물온도 난방	11 ~ 6℃	10 ~ 5 ℃	13 ~ 8 ℃	13℃
유입 물온도 냉방	23 ~ 28℃	25 ~ 30 ℃	20 ~ 25 ℃	13℃
설계인자 (지중부하 계산 근거)	<ul style="list-style-type: none"> • 관정의 깊이 • 파이프직경 • 그라우팅소재 • 암반의 종류 	<ul style="list-style-type: none"> • 트렌치의 길이 • 파이프 직경 • 토양의 종류 • 백필링 방법 	<ul style="list-style-type: none"> • 천공의 깊이 • 암반의 종류 	<ul style="list-style-type: none"> • 지하수의 량



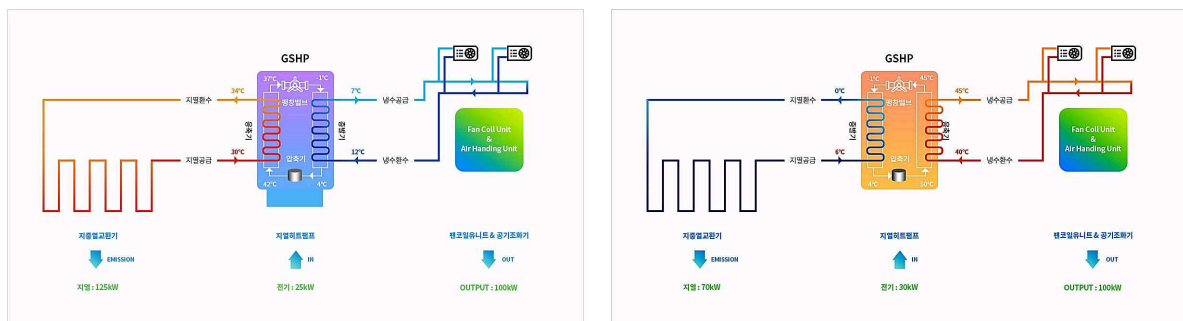
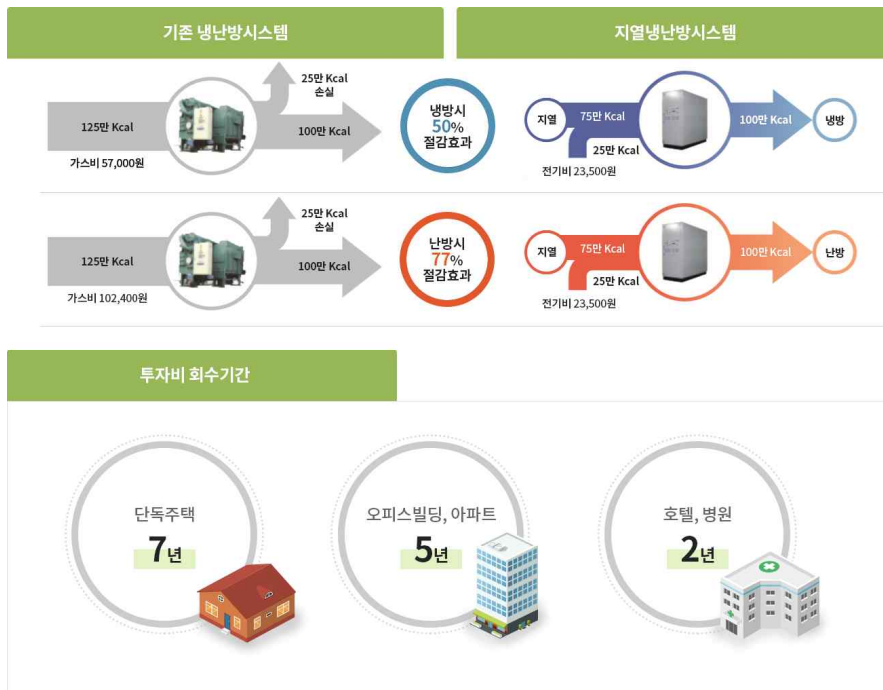
지열 냉난방 시스템의 이해 도시

(3) 지중 열원 방식의 경제성 분석

지열 이용 방식의 경제성 분석



지열 시스템 설계 과정

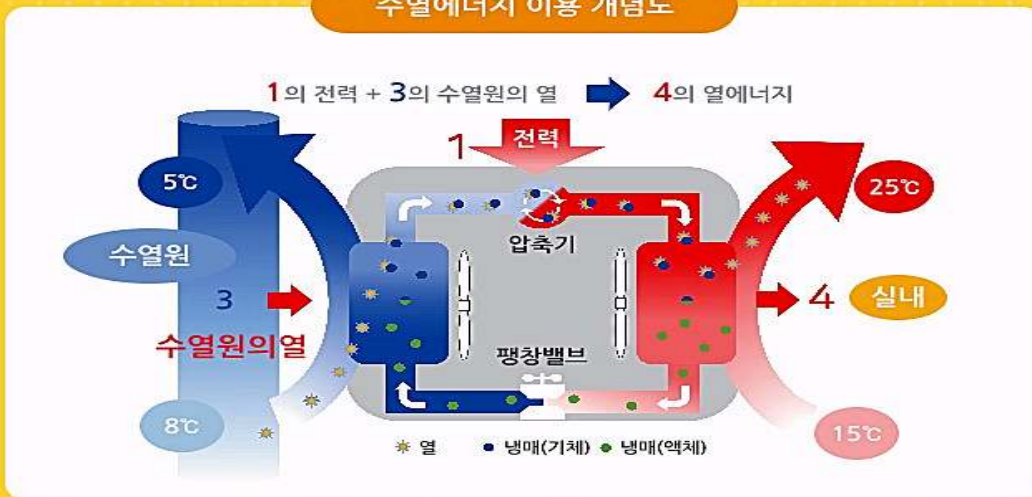


지열 냉난방 시스템 경제성 분석 도시

수열에너지란?

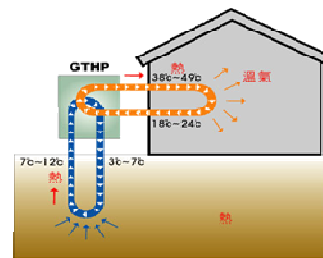
여름철 대기보다 온도가 낮고, 겨울철에는 높은 물의 특성을 이용하여 물을 열원으로 직접 또는 히트펌프를 거쳐 냉난방에 활용하는 에너지

수열에너지 이용 개념도

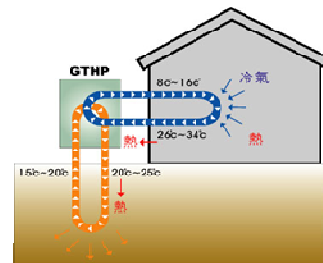


※ 4의 열 생산을 위해 95% 효율 보일러는 4.2의 에너지가 필요하나, 수열은 1의 에너지만 소모

난방 Heating



냉방 Cooling



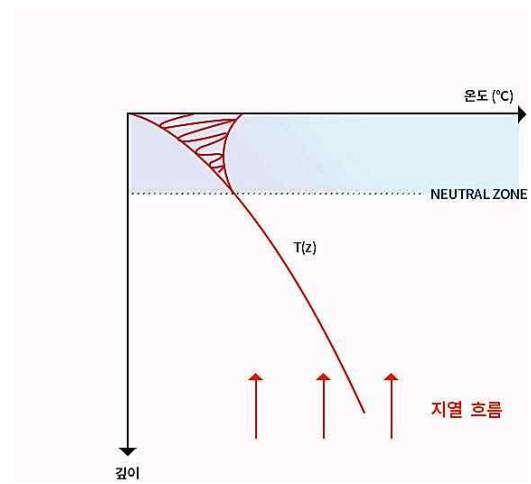
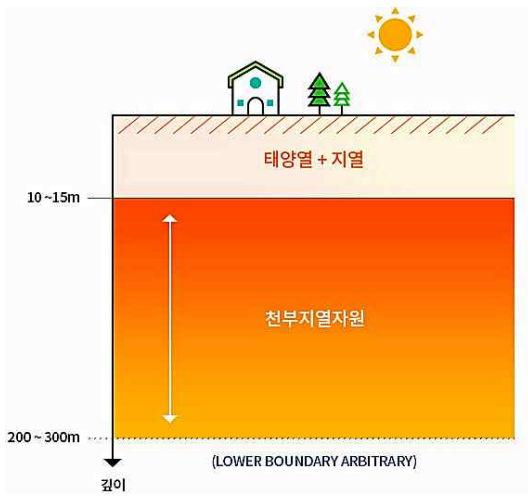
지중의 수열 및 암반열 이용 에너지 절약 냉난방 시스템 도시

(4) 열원의 종류 및 공기열 수열 지열 시스템 냉난방

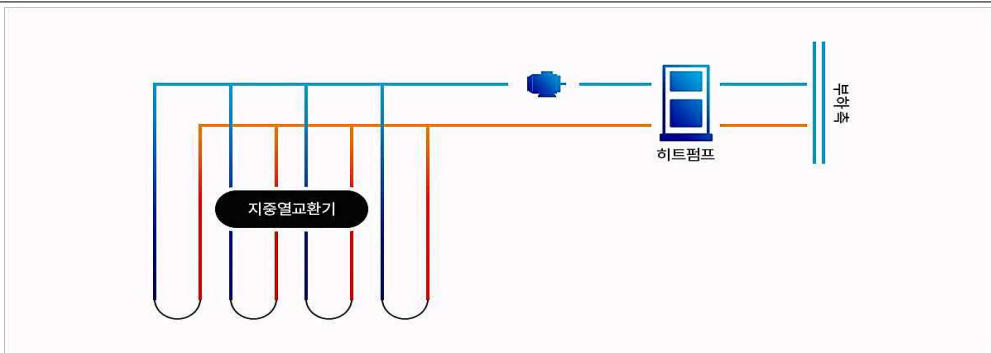
열원의 종류와 공기열 수열 지열 이용 분석



냉난방 열원의 종류



지열의 개념 및 흐름



(5) 열원 채취용 심정공 실례 도시

열원 채취용 심정공 설치 도시

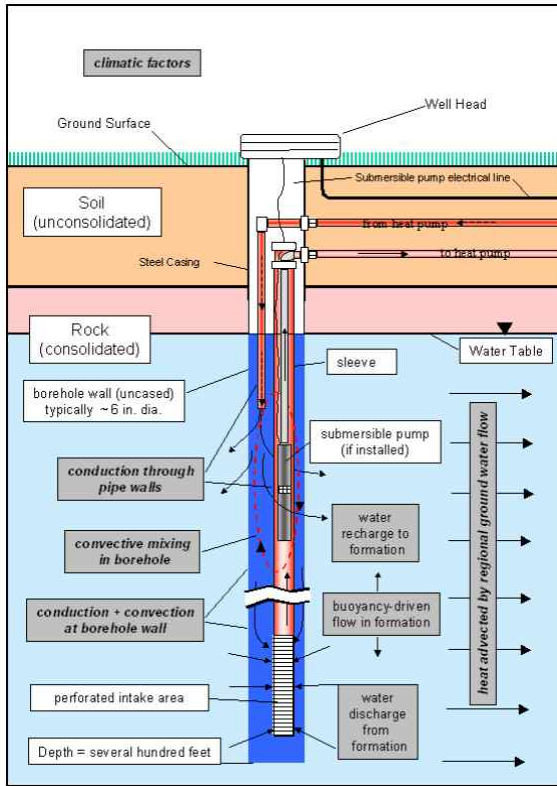
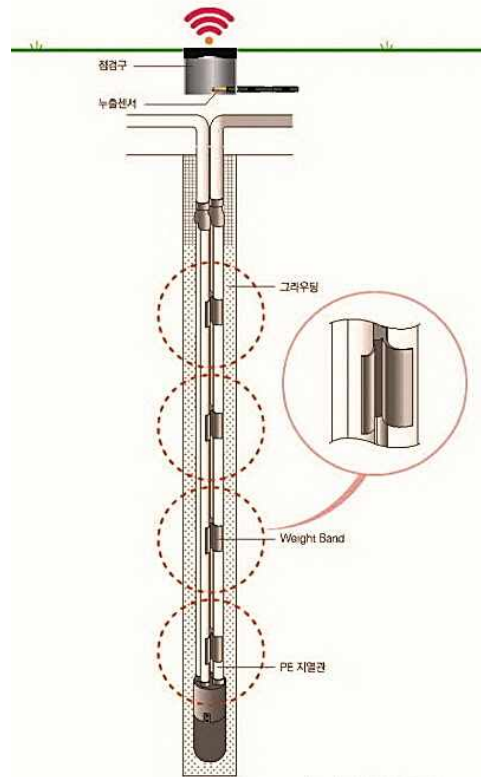


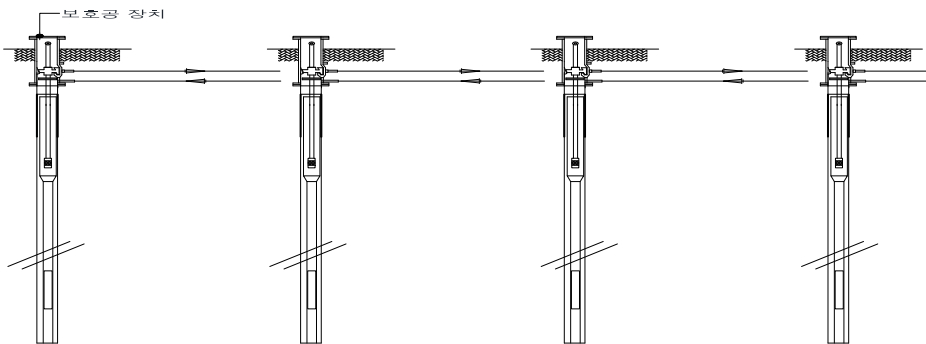
Figure 1-4 A typical schematic of standing column well

(<http://www.hvac.okstate.edu/>)



[답코일300 4관식 시공상세도]

지열 냉난방 시스템 열원 채취용 심정공 도시



이 사건 심정공 설치 예 - 이 사건 지열시스템 흐름도 발체

1.4 감정의 목적

이 사건 감정 목적물 지열 냉난방 시스템은 이 사건 피고에 의하여 이 사건 공동주택 기계실에 설치되었으며 상당기간 정상 운용되었던 것으로 파악된다.

이후 이 사건 감정 목적물 지열 냉난방 시스템은 원인 불상의 고장으로 인하여 정상 작동 내지는 운용이 중단됨으로 현재에 이르고 있다.

이 사건 원고는 이 사건 공동 주택의 이 사건 지열 시스템으로 냉난방을 행하던 장소에 개별 냉난방 방식의 실외기를 설치하였으며 이를 통하여 이 사건 냉난방을 해결하였다.

이 사건 피고는 이 사건 감정 목적물 지열 냉난방 시스템의 하자 부분에 대한 감정을 요청함으로 감정인은 현장 조사한 자료와 각 소송 당사자가 제출한 자료 등을 면밀히 확인 분석한 결과를 감정서로 작성하여 이를 재판부에 제출함으로 원활한 소송 업무를 보조하는데 이 사건 감정의 목적이 있다.

1.5 감정수행 기간

- 삭제 -

1.6 참여 기술자 명단

김 경 주 : 감정인, 건축 기계설비기술사, 건축 기술사, 공학 석사(고려대학교, 건축 구조 및 시공), 공학 박사(경희대학교, 설비 및 환경), 법원등재 특수 감정인, 각 법원 건축 감정인

박 현 상 : 건축 기사, 중급 기술자

김 세 움 : 워드 및 캐드 작업, 업무 보조

기타 외 다수 인력 참여

제2장 감정 기준

2.1 감정할 사항

2.2 조사의 기준과 방법

제2장 감정기준

2.1 감정할 사항

2.1.1 감정할 사항

(이하 감정 신청서 이기)

1) 감정 목적물

0000000 아파트

2) 재 감정 사항

가. ‘공용 추가 2 : 지열시스템 작동 불량’ 이 시공하자로 인하여 발생한 것인지 나. 시공하자로 인하여 발생한 경우, 적정한 하자 보수비용

3) 재 감정 사유

가. 감정인 감정의견 요지

감정인은 원감정서 1권 245면에서 ‘마. 공용추가 2 2. 지열시스템 작동불량(금 171,92942원)’ 항목에 관하여 ‘이 사건 주민공동시설에 공급하는 냉난방설비의 열원장치 고장으로 일부 시설(문고, 골프장 일부, 운동시설, 주민공동시설 2)의 냉난방시설이 운전되지 아니하는바 지열시스템은 아래의 3가지 이유로 파손된 것으로 조사되었다’ 라고 하면서 ① 지열관을 보수하고 ② 지열냉방기(지열 실외기 5대+ 실내기36대)를 전면 교체하고 ③ 냉매배관 세척하는 것에 대한 하자보수비를 제시하였습니다.

① 2호 지중교환기 배관, 지열공 1과 2의 파손

② 지열이용시스템에어컨 실외기 열교환기 및 압축기 파손

③ ②에 따른 냉매배관 내부에 냉동기유 혼입으로 인한 냉매배관 및 실내기 오염

감정인의 감정 업무 당시 피고들은 원고가 하자라고 주장하는 문제점의 원인에 대하여 감정인에게 ‘퇴수 밸브를 통한 지중열교환기 내 순환유체(부동액) 누출 등으로 부동액 농도가 저하되면서 지중 열교환기 배관이 파손되었고 이에 따라 히트펌프 내 냉매의 전환 및 해당 냉매의 실내기 공급이 원활하지 아니하여 발생한 문제(즉 냉매 공급상의 문제)라고 설명하였는데 감정인은 피고의 설명에 대하여서는 ‘관련 자료 등을 참조하면 본 건 장치는 운전 상태에서 동결점 이하로 온도가 낮아지거나 기계실 내부

가 동결점 이하로 낮아질 수 없다고 판단되는바 열교환기의 동파는 고장이나 비정상적인 장치의 운전에 따른 것이라 사료된다’라는 감정 의견을 제시하였습니다.

나. 재감정의 필요성

본 항목의 피고들로서는 원고와 원고측 관리주체의 협조없이 지중열교환기의 현황이 어떠한지 그리고 그 문제점이 무엇인지 전혀 확인할 수 없는 항목입니다. 또한 본 항목은 감정인이 제시한 하자보수비용이 무려 1억 7천만원에 이르는 항목이기도 하므로 원고 및 피고측 사이에서 그 하자 여부에 관하여 첨예하게 대립할 수밖에 없는 항목이며 실제로도 원고와 피고 사이에서 하자여부에 관하여 다툼이 있었던 항목입니다.

따라서 이러한 사실을 알 아는 감정인으로서는 해당 항목에 대한 현장 조사시 원고와 피고 입회하에 실제 현황이 어떠한지를 확인하여야 마땅합니다. 나아가 피고들은 이 사건 소송 이전에 일련의 과정을 통하여 그나마 해당 시설의 문제점을 일부 파악하고 있었기 때문에 이를 감정인에게 설명하였는데(지중열교환기 내 순환유체인 부동액이 누출되어 지중열교환기 배관이 파손되었고 이로 인하여 냉매가 원활하게 공급되지 못하고 있다는 점 즉 시공하자로 인한 것이 아니라는 점) 감정인이 이러한 피고의 설명이 사실이 아니라고 판단하였다면 적어도 감정인으로서는 구체적으로 어떠한 현황으로 인하여 피고의 주장이 잘못된 것인지 그리고 그에 관하여 감정인의 판단을 뒷받침할 수 있는 구체적인 근거자료 및 이유를 제시하여야 마땅할 것입니다.

그럼에도 불구하고 감정인은 피고가 참여하지 못한 상황에서 일방적으로 본 시설에 대한 현황을 파악한 채(피고들이 다른 항목에서 수차례 설명드린 바와 같이 과연 감정인이 구체적으로 현황을 파악하거나 조사한 것인지도 의문입니다) 본 시설에 하자가 있다는 결과만을 제시하고 있습니다. 감정인의 의견을 뒷받침할 수 있는 근거자료가 전혀 첨부되어 있지 않습니다.

또한 감정인은 하자보수비로 1억 7천만원을 산출하였는데 이 사건 지열 시스템을 활용하는 시스템 에어컨은 ① 별도의 실외기가 존재하지 않음에도 불구하고 감정인은 실외기 5세대를 교체 시공하는 비용(직접비 5천만원 상당, 참고 자료 1 참조)을 제시하였고 ② 아래 표 2에서 보듯이 실내기의 경우 실제 시공된 수량(10개, 참고자료 2 참조) 보다 더 많은 수량(18개)을 하자가 있는 장치로 판단하였는바(참고자료 1 참조) 감정인은 도저히 납득할 수 없는 감정 의견을 제시하였습니다.

감정인이 제시한 실내기 수량과 실제 시공된 실내기 수량

(단위 : KW, 대)

-	냉방 / 난방 용량	감정 결과	주민공동시설 1	주민공동시설 2	실수량계
1	6.0 / 6.8	5	3	-	3
2	7.28 / 8.1	7	4	2	6
3	11.0 12.8	6	1	-	1
4	실내기 수량 계	18	8	2	10

더구나 지열시스템을 이용한 냉난방 시스템은 ‘기계설비 분야’에 관한 전문적인 지식이 있어야만 이에 관한 기술적 의견을 제시할 수 있는 시설인데 감정인은 단지 건축시공기술사 자격을 소지하고 있을 뿐입니다. 건축시공기술사인 감정인이 자신의 전문 분야가 아닌 지열 시스템을 이용한 냉난방 시스템에 관하여 하자를 판정하였기 때문에 앞에서 설명드린 바와 같이 실내기 및 실외기에 관한 기본적인 현황조사 제대로 확인하지 못한 채 도저히 납득할 수 없는 감정 의견을 제시하였던 것입니다.

4) 재감정 사항 보완 - 감정할 사항

가. 이 사건 지열 시스템의 하자 발생 원인

‘공용 추가 2 : 지열시스템 작동 불량’ 이 사건 하자로 인하여 발생한 것인지 여부 아니면 유지 관리 부주의 및 소홀에 의한 발생인지 여부

- ① 2호 지중 열교환기 배관(지열공 1과 2)가 파손되어 있는지 여부
- ② 지열시스템에어컨 실외기 열교환기 및 압축기기 파손되어 있는지 여부
- ③ 위 실외기 열교환기 및 압축기의 파손으로 인하여 냉매배관 내부에 냉동유가 혼입되어 있는지, 이로 인한 냉동기유 혼입으로 인한 냉매배관 및 실내기 오염 등이 발생되었는지 여부

위 ①, ②, ③의 원인으로 인하여 지열 시스템의 작동 불량이 발생되었는지 여부

위 ①, ②, ③ 각 하자의 발생 원인이 무엇인지 : 시공 불량에 의한 것인지 아니면 원고의 유지 관리상 소홀 부주의에 의한 것인지 여부

위 지열시스템 형식이 폐쇄형인지 개방형인지, 위 형식에 따라 지열 시스템에 부동액이 투입 사용되는지 여부

나. 지열시스템 작동 불능 현상이 시공하자로 인하여 발생한 경우 적절한 하자보수비용을 산정하여 주시기 바랍니다.

지열시스템 자체의 하자를 보수하기 위하여 소요되는 객관적인 비용의 산정, 즉 지열시스템 자체를 임의로 다른 시스템(전기 에너지를 사용하는 일반적인 시스템 에어컨) 등으로 변경하는 비용을 기준으로 하자 보수비용을 산정하여서는 아니됩니다.

다. 지열시스템 작동 불량이라는 하자가 발생한 시기를 특정하여 주시기 바랍니다.

하자 발생 시점은 원고가 귀 감정인에게 제출하는 문서(내용 증명 등 등)그 발생 시점을 객관적이며 구체적으로 특정하여 주시기 바랍니다.

반드시 감정서에 해당 문서를 첨부하여 주시기 바랍니다.

라. 이 사건 아파트에 적용된 지열 시스템의 정상적인 작동을 위하여서는 관리주체에 의한 주기적인 유지관리가 이루어 져야 하는지 여부

만일 관리주체에 의한 주기적인 유지관리가 필요한 것이라면 관리주체가 시행하여야 하는 유지 관리 업무에는 어떠한 것이 있으며 그와 같이 유지관리업무를 시행하여야 하는 기술적 이유는 무엇인지

피고 포스코건설이 시설물 인수인계 과정에서 원고측에게 지열시스템 유지 관리를 위한 설명 및 교육을 실시하였는지 여부

(이상 감정 신청서 이기)

2.2 조사의 기준과 방법

2.2.1 현장조사

- 1) 이 사건 피고의 감정 신청 내용을 토대로 감정인이 감정 요구사항을 기준으로 현장 확인 작업에 임한다.
- 2) 소송 당사자들이 제출한 자료들을 참조하여 현장 조사한다.
- 3) 감정 목적물 이 사건 피고가 설치한 감정 목적물 지열 이용 냉난방시스템의 각 기계설비들에 대하여 이 사건 당사자를 입회하여 각각의 주장을 청취한다.
- 4) 이 사건 당사자가 각 제출한 이 사건 관련 자료와 이 사건 지열시스템의 설계 도서를 심층 분석하고 현장 설치 상태를 확인한다.
- 5) 양 소송 당사자들에 입장 표명의 기회를 제공하며 객관적이고 공정한 감정이 되도록 최대한 노력한다.

2.2.2 현장 조사 방법

본 감정 목적물의 현장 조사는 다음과 같이 구분하여 실시하였다.

구 분		방 법	주 요 사 항
기초자료 수집		검 토	원고와 피고가 제시한 각종자료
청 문 실 시		현장 방문	감정 범위에 대한 청문
현장 조사	상세 조사	육안(정밀)조사	<ol style="list-style-type: none"> 1. 육안 및 실측조사 2. 감정 목적물의 설치상태 확인 3. 각자의 주장 청취 4. 감정 사안별 조사 및 분석
장 비 조 사 기 록		실 측 작 업 비파괴 검사 사 진 촬 영	<ol style="list-style-type: none"> 1. Digital Camera, Steel Taper(줄자) 2. 디지털 거리측정기, 후래쉬 3. AUTO CAD, PHOTO SHOP 4. PC(개인용 컴퓨터) 5. 기타

1. 현장 조사 당시 참석자 : 원고 및 피고측 모두 참석하였다.

제3장 감정 사안별 조사 및 분석

- 3.1 현황 파악
- 3.2 현장 조사
- 3.3 감정 사안별 조사 및 분석

제3장 감정 사안별 조사 및 분석

3.1 현황 파악

1) 냉난방 시스템 고찰

이 사건 감정은 지열을 이용한 냉난방시스템에 대한 감정 부분으로 건축물의 거주 공간(업무 공간을 포함한다)의 온열 환경을 지중에 무한히 존재하는 지중열을 활용하여 성취한다는 것으로 이는 보통의 경우 거주 공간 외(실외)에 존재하는 공기중의 열을 회수 또는 배출하는 것에 비하여 에너지 절약적이며 고효율의 온열 환경을 달성할 수 있다는 점에서 매우 고무적인 냉난방 방식이라 할 수 있다.

공기중에는 여름철이든 겨울철이든 회수할 수 있는 열이 무한히 존재한다. 종래의 에어컨디션(에어컨)은 하절기 냉방에 한하여 적용하여 사용되어 왔으나 최근에 들어서 겨울철 난방 또한 에어컨을 이용하여 실현하게 되었는바 이 것은 에어컨의 냉동 사이클을 여전히 이용하면서도 시스템의 운용을 역 발상적으로 운전하게 함으로 이를 실현하게 되었다.

이 사건 지열시스템은 종래의 공기열원 방식에 비하여 에너지 절약적이며 분산배치되어 운용되는 개별 냉난방 방식에 비하여 유지 관리 측면에서도 유리한 부분이 다수 있는 신재생 에너지를 활용한 냉난방 방식에 속한다.

본 항에서는 전반적인 부분에서 지열 이용 냉난방 시스템에 관한 내용들을 두루 살펴봄으로서 이 사건 지열시스템의 이해를 돕고자 하였다.

(1) 대기중 또는 지중에 존재하는 무한한 열 자원

우리의 지구 전체는 공기와 암석과 토양과 물로 이루어져 있다. 이러한 물질에는 무한한 양의 에너지 특히 열 에너지를 내재하고 있다.

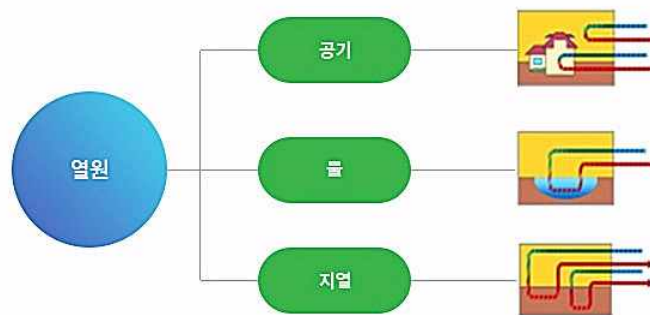
열은 모두 온열(모든열)이라 칭할 수 있으며 이를 또 온열(따뜻한 열)과 냉열(차가운 열)로 나누어 생각할 수 있는데 냉난방 시스템에서 이용하는 열로는 공기중의 열과 지중열(지열과 암석열, 수열)로 그 존재 물질에 따라 분류하여 말할 수 있다.

종래에 에어컨에서 이용하던 공기중의 열은 대기중의 공기가 가지는 열로서 하절기에

는 실내의 열을 채취하여 외부 대기중으로 발산하여 하절기 냉방을 행하게 된다.

이른바 사계절용이라 부르는 냉난방 에어컨은 하절기에는 상기한 운전방식대로 냉방을 행하며 반대로 동절기에는 외부의 온열을(더운열, 겨울철이지만 더운 열이 존재한다) 실내로 반입하여 실내의 난방을 행하는 것이다. 이해하기 어려운 부분이나 동절기 외부의 차가운 공기중의 열을 실내로 반입하는 것이 가능한 것이 이는 냉방기의 냉동 사이클을 그대로 운전하면서 그 흡열체와 방열체를 거꾸로 운전하는 것에 불과하다.

여러 가지 열원



지구상에 존재하는 여러 열원

(2) 냉동 사이클

냉난방 시스템의 골자는 냉동 사이클이며 냉동 사이클은 관내의 냉매(프레온 가스 등의 기체)를 순환시키며 그 상변화에 따른 열의 흡수 및 방출의 메카니즘에 기인한다.

이 사건 감정 목적물 냉난방 방식은 냉동사이클을 실현하는 히트 펌프에 흡열 열원으로 대기중에 함유된 열이 아닌 지중 지하수가 보유한 수중 열을 열원으로 이용하여 대기중의 열보다도 많은 양의 열을 히트펌프에 유입함으로 지하수가 가지는 열은 사계절 거의 동일하게 이용할 수 있다.

본항에서는 냉동사이클에 관하여 간단히 기술하였다.

① 개 요

기체가 압축되면 고온 고압 상태로 된다. 반대로 팽창하면 온도가 감소하며 압력이 저압으로 변화한다. 이는 열역학 제1법칙의 결과 중 하나이다.

순수한 액체의 온도는 끓거나 응축될 때 일정하게 유지되며 끓는 물의 온도를 측정하는 경우 액체 상태로 물이 존재하는 한 온도는 212° F 또는 100° C로 일정하게 유지되며 기체가 응축되면 모든 기체가 액체로 변할 때까지 시스템 온도가 일정하게 유지된다.

유체가 상변화를 하기 위해서는 상당한 양의 에너지가 필요하다. 주어진 양의 물을 완전히 끓이려면 같은 양의 물을 0° C(32° F)에서 99° C(211° F)까지 올리는 것보다 더 많은 에너지가 필요하다. 이는 상당한 양의 에너지가 저장된 다음 상변화 동안에 한하여 방출됨을 의미한다.

② 냉동 사이클

냉동 사이클은 연속적인 공정이다. 냉매는 컴프레서(압축기)에서 콘덴서로 계량 장치를 통해 증발기로 이동한 다음 그 사이클이 반복된다.

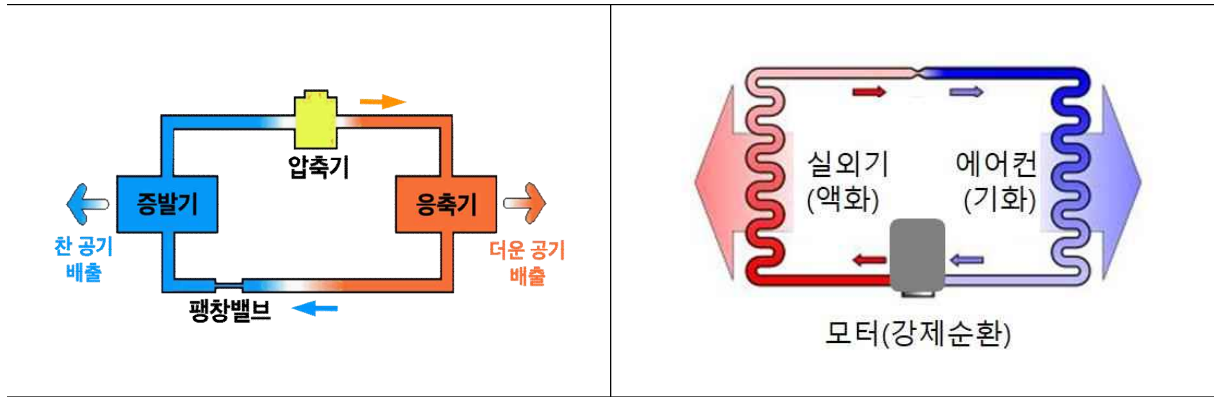
컴프레서는 증발기로부터 저압 기체를 받은 후 그 이름이 나타내는 것처럼 압축을 통해 고압 기체로 변환한다. 기체는 압축됨에 따라 온도가 상승한다.

그 후 고온 냉매 가스는 콘덴서(응축기)로 흐르게 되며 콘덴서는 냉매를 냉각시키기 위해 더 차가운 유체, 일반적으로는 주변 공기를 사용하는 열 교환기이다. 이 열 교환기를 거쳐 냉매가 흐르면 뜨거운 액체로 응축된다. 액체 냉매는 콘덴서를 빠져나와 시스템의 계량 장치로 흐른다.

계량 장치는 팽창 밸브 또는 모세관일 수 있으며 압력 강하를 생성하는 데 사용된다. 앞서 언급한 바와 같이 액체의 온도 및 끓는점은 압력이 감소함에 따라 감소하게 되며 일부 냉매 액체는 기화되고 액체-가스 혼합물의 온도가 하강하고 이후 차가운 냉매가 증발기로 흐른다.

증발기는 열원과 냉매 사이에서 열이 이동하게 하는 또 다른 열 교환기이다. 냉각기에서 열원은 장비로 유입되는 냉각 유체이며 냉매는 저온 가스-액체 혼합물로서 증발기로 유입된다. 설계상 열원의 온도는 항상 냉매의 끓는점 보다 높아야 하며 증발기에서 냉매는 열원으로부터 열을 흡수함에 따라 증발한다. 냉매 온도는 증발하면서 일정하게 유지되며 냉매는 기체로서 증발기를 빠져나와 컴프레서로 들어가고 사이클이 다시 시작된다.

냉동 사이클 도시



냉동 사이클 도시

③ 냉동 사이클 단계별 기계요소

압축식 냉동장치는 액체 냉매가 증발할 때의 증발 잠열을 이용하여 냉동효과를 달성하고 팽창된 가스를 압축하여 압력과 온도를 높이고 그 열을 다시 제거하여 가스를 다시 액화시킨다. 이 행정을 연속으로 하도록 한 것이 압축기 응축기 모세관 및 증발기이다.

㉠ 압 축(Compressor)

냉매를 상온에서 액화하기 쉬운 고온, 고압으로 만든다. 냉장고와 같이 낮은 온도의 상태에서 액 냉매가 왕성하게 증발을 계속할 수 있도록 저압의 냉매를 압축기에 흡입 후 실린더 내에서 피스톤에 의해 압축하여 쉽게 액화될 수 있는 상태로 만든다. 상온(30℃)저압 기체(0 kg/cm²)를 고온(80~120℃) 고압기체(8~12kg/cm²)로 압축하는 과정이다.

㉡ 응 축(Condenser)

고온 고압의 기체 냉매를 상온 고압의 액체로 만든다. 응축기는 압축가스를 냉각하여 응축 액화시키는 열 교환기로서 압축기를 통과한 고온, 고압의 냉매를 냉각하게 된다.이 때 방출되는 열을 응축열이라 하며 이 열량은 냉매가 장치 내부로부터 빼앗아온 열(증발열)과 압축으로 인하여 가해진 열을 합한 열량이 된다. 고온, 고압 냉매를 방열시켜 저온, 고압 액체 냉매로 변환하는 과정이다(고온(80~120℃)고압기체(8~12kg/cm²) => 상온(40~60℃) 고압액체(8~12kg/cm²).

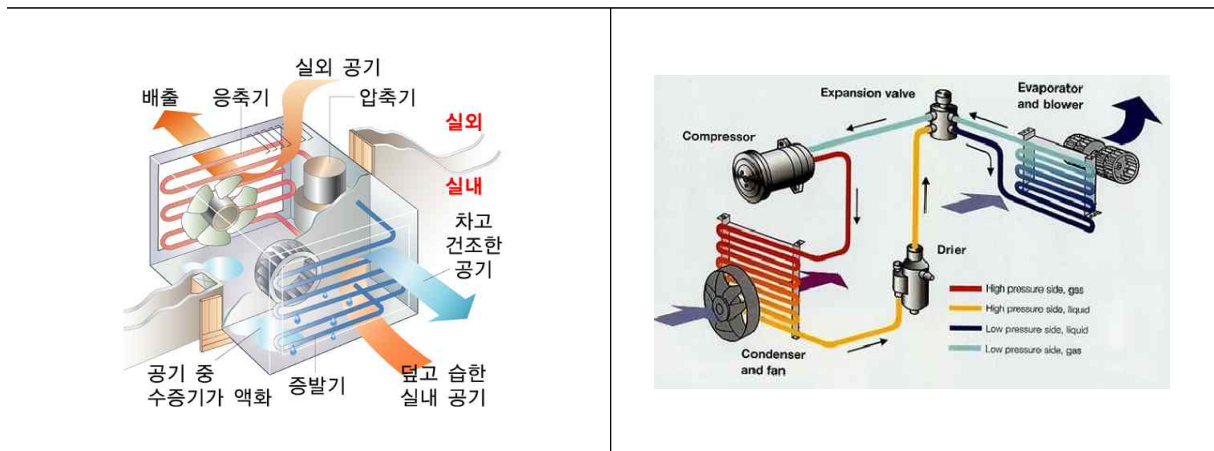
㉢ 팽 창(Capillary Tube)

액냉매를 증발하기 쉽도록 저압으로 만든다. 액화된 고압의 냉매를 증발기에 보내기 전에 증발하기 쉬운 상태까지 압력을 낮추어 주는 작용을 한다. 이 작용을 하는 모세관은 감압 작용을 함과 동시에 냉매액의 유량을 제어한다. 모세관은 저온, 고압의 액체냉매를 증발하기 쉬운 저온, 저압으로 변환(상온(40~60℃)고압액체(8~12kg/cm²) => 저온(-30℃)저압액체(0kg/cm²)하는 과정이다.

㉔ 증 발(Evaporator)

냉매가 액체에서 기체로 변하면서 열을 빼앗는다. 증발기(냉각기)내부의 저압의 냉매가 기화하는 동안 냉매의 증발 잠열에 의하여 냉각기 주위에 있는 공기로부터 열을 빼앗으며 이로 인하여 냉각된 공기는 자연대류 또는 FAN에 의해 장치 내부를 저온으로 유지한다. 증발기에서 저온, 저압 액체 냉매가 기화하면서 열을 빼앗게 된다(저온(-30℃) 저압액체(0kg/cm²) => 저온(-30℃)저압기체(0kg/cm²)).

냉동 사이클 각 요소 도시



냉동 사이클 각 요소 도시

2) 지열 시스템

이 사건 지열 시스템은 개방형으로 지하 약 500m를 굴착하여 이에 수중 펌프를 설치하고 순환수를 통하여 지중열을 이 사건 히트펌프에 공급함으로 냉난방을 실현하는 구조이다. 본항에서는 이 사건 감정 목적물과 같은 지열 시스템에 관하여 살표보고자 한다.

(1) 지열 에너지

지중에 존재하는 에너지로는 지중의 암반, 토양, 지하수에 무한히 존재하며 이 사건 감정 목적물 히트 펌프의 열원이기도 하다.

① 지열 에너지의 정의

산업통상부에서 제정한 ‘신에너지 및 재생에너지 개발 이용 보급 촉진법’에는 지열에너지를 재생에너지의 하나로 지정하고 있으며 동법 시행규칙에 ‘지열에너지 설비: 물, 지하수 및 지하의 열 등의 온도차를 변환시켜 에너지를 생산하는 설비’라고 정의하고 있다.

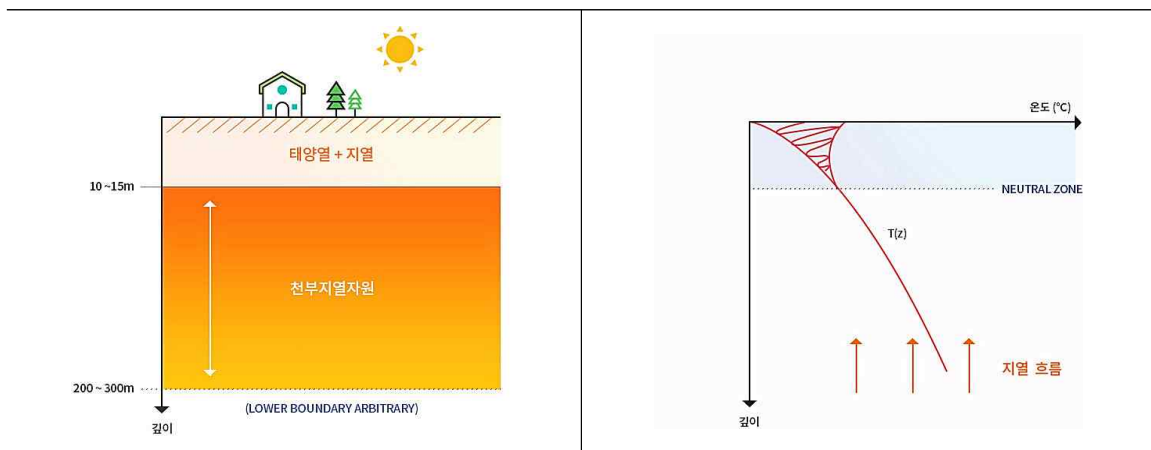
② 지열에너지의 특성

지하를 구성하는 토양 암반 그리고 지하수가 가지고 있는 열에너지로 지열에너지는 날씨나 기후조건과 관계없이 개발 및 활용이 가능하므로 재생에너지원 중에서 유일하게 기저부하를(Base load)를 담당하며 부하 조건에 맞게 출력조절이 쉬운 운전 특성이 있다.

③ 지열에너지의 활용분야와 기술의 분류

지열에너지의 활용 심도에 따라 심부지열과 천부지열로 분류한다. 심부 지열은 통상 지하 300m 깊이 이상의 지열수 또는 높은 암반의 열을 활용하는 것이며 천부 지중열은 통상 지하 300m 깊이 이내의 연중 일정한 지하 온도와 대기의 온도차를 활용한다. 국내의 경우 지열원 열펌프를 이용한 천부 지중열을 주로 활용하는데 이 사건 지열 시스템은 지하 500여 m 를 굴착하여 배관을 근입한후 여기에 수중 펌프를 설치하고 순환수를 히트 펌프에 공급하여 열교환하는 방식이다.

지중열의 이해

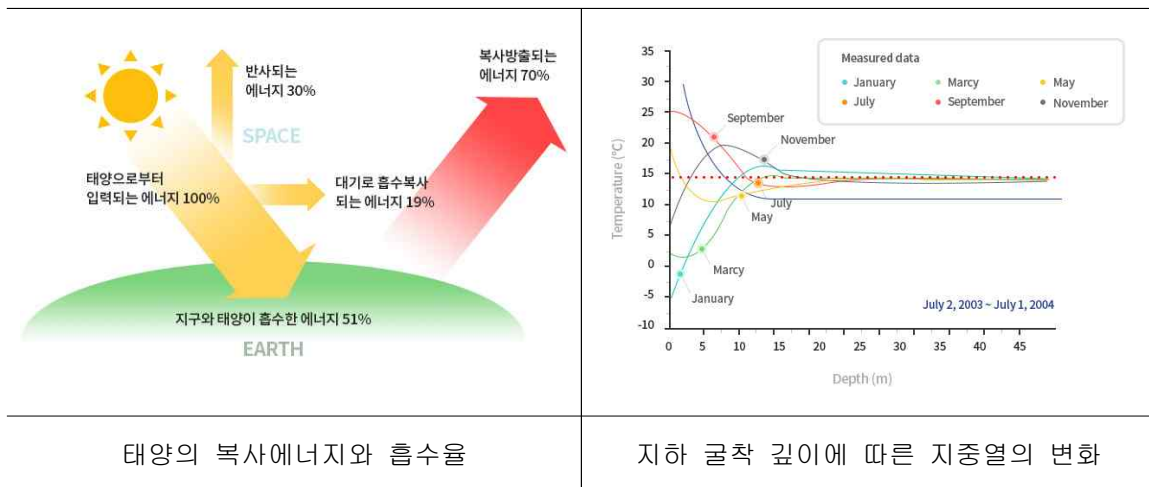


지중열의 이해

④ 지열 발생의 원리

태양열의 51%는 지표면과 해수면에서 흡수(인류사용 에너지량의 500배)되며 지하 20 ~ 200 m의 지중온도는 일정한 온도 (15℃)를 유지한다. 지하 200 m 이하로 내려가면 2.5℃ /100 m 씩 상승하는 것으로 알려져 있으며 지열냉난방 시스템은 이러한 지중온도(15℃)를 이용한다. 해수, 하천, 지하수, 호수의 에너지도 지열에 포함되는 것으로 보며 지열은 무한정 사용이 가능한 “재생에너지”이다.

태양의 복사에너지와 굴착 깊이에 따른 지중열 변화



⑤ 지열 시스템의 장점

땅속 수십 m 이하에 연중 일정하게 유지되는 지중 온도(보통 15 ± 5 °C)를 이용하여 히트펌프와 함께 냉동사이클을 구성하여 냉방 난방 및 급탕에 활용하는 시스템으로 에너지 비용을 획기적으로 줄이면서 경제성을 높인 친환경 냉난방 시스템이다. 지열 냉난방 시스템은 지열을 추출하거나 실내에서 추출한 열을 지중으로 방열하기 위해 지중에 설치된 순환회로를 이용하여 지중에서 지열을 흡수 또는 방열한다. 또한 미국 환경보호국(EPA)에서도 공인한 가장 효율적 환경친화적 냉난방 시스템이다.

⑥ 지열 냉난방 시스템의 분류

지열 냉난방시스템에서 지하수를 직접 이용하는 개방형 시스템이 효율면에서 우수하나 모든 곳에서 필요한 수량의 지하수를 확보하기 어렵다. 또한 지하수 보호를 위해 지하수를 직접 이용하는 것을 금하기도 한다. 밀폐형 시스템은 열원으로 지중에 저장되어 있는 지중열을 사용하는 시스템으로 HDPE 재질 등의 파이프를 지중에 매설한 뒤 폐회로 시스템을

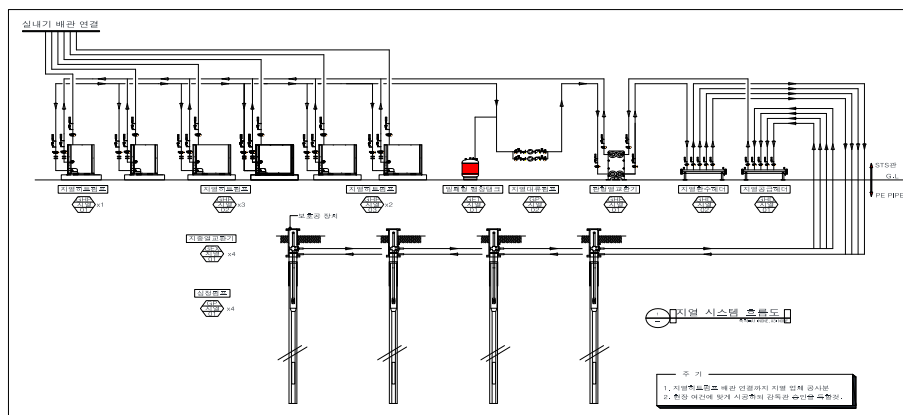
구성 후 내부에 유체를 충전하고 순환유체가 열교환을 하도록 하여 열을 흡수 또는 방출하여 냉난방을 이루어지도록 하는 시스템이다. 이는 직접 지하에서 열교환을 하는 방식으로 이 사건 감정 목적물은 순환수를 펌프로 순환하여 지상의 히트 펌프에서 채열하는 시스템과는 구별되는 방식인데 밀폐형 시스템에 반하여 이를 개방형 시스템이라 한다.

-	회로형식	시스템 종류	열 원
1	개방형	① 우물정 시스템 (Open loop system) ② 수직심정형 시스템 (Standing column well system)	천부지열, 지하수, 해수 및 지표수이용
2	밀폐형	① 수직폐회로 시스템 (Vertical-closed loop system) ② 수평폐회로 시스템 (Horizontal-closed loop system) ③ 수평폐회로 또는 폐회로 물순환 시스템 (Modified closed water loop system)	천부지열, 지하수 및 지표수 이용
3	복합형	기존의 냉각탑 또는 보일러와 연계시킨 지열펌프 시스템, 경우에 따라 개회로 및 폐회로를 사용함	천부지열, 지하수, 기존의 냉난방시설이용

(2) 지열 냉난방 시스템의 구성요소

아래그림은 이 사건 지열 시스템의 각 공정 흐름도이다. 보여 지듯이 이 사건 히트 펌프 지열 시스템은 개방형으로 수중 펌프를 설치하였으며 수중 펌프의 이송수는 1차로 열교환기에서 열교환되는 구성으로, 이는 순환 지하수와(공급, 환수) 그 펌프 시스템의 순환수 또는 흑여 실내기로 행하는 냉매 등이 혼입될 수 있는 여지를 차단하고자 하는 방식이다.

이 사건 히트 펌프 시스템 흐름도

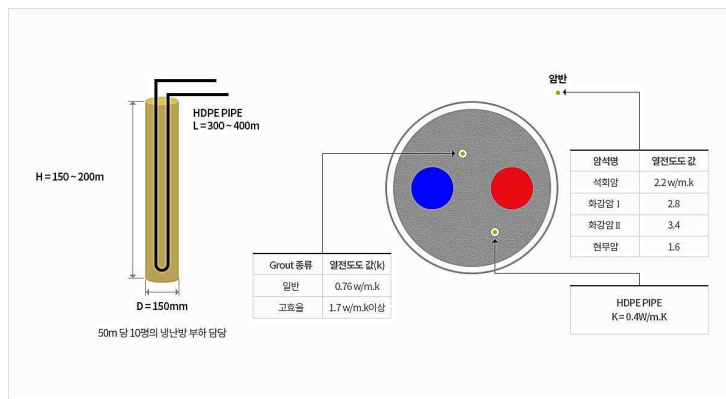


이 사건 감정 목적물 히트 펌프 시스템 흐름도 - 확대하여 크게 볼 수 있다.

① 지중열교환기

이 사건 시스템과는 해당 없는 요소이나 참고하고자 게재하였다. 지하 100m 이상을 천공하고 HDPE를 천공된 공 내부에 삽입 후 내부에 유체를 통하여 땅속의 열과 유체가 열교환을 한다. 삽입되는 파이프는 누설 또는 부식 등의 문제가 없어야 하며 50년이상 물리적 화학적 성질을 유지하여야 한다.

지중 열교환기 도시



지중 열교환기 도시

② 순환펌프

지열시스템의 순환수를 순환시키기 위한 순환펌프이다. 이 사건 감정 목적물에는 지하 심정공에 수중 펌프가 설치되어 있으며 공급수 및 환수 헤더 이후에 열교환기에서 대류 펌프가 설치되어 있다.

③ 히트펌프

지중의 열을 흡수하거나 실내의 열을 방출하여 실내의 온도를 일정하게 냉난방할 수 있도록 하는 지열시스템의 핵심장비이며 이는 냉동 사이클과 동일한 것으로 팽창밸브, 열교환기, 압축기, 4방 밸브로 구성되어 있다

④ 컨트롤 판넬 및 제어용 컴퓨터 시스템

지열시스템의 운전 및 이상을 판단하고 지열시스템의 동작을 관리함은 물론 계속된 데이터를 저장하여 분석하여 시스템 상태를 파악하도록 한다. 이 사건 지열 시스템의 컨트롤

판넬은 지하 기계실에 있으며 주요 전력의 공급 및 차단을 제어하며 이는 기계실의 MCC 판넬과 협조 운전 된다.

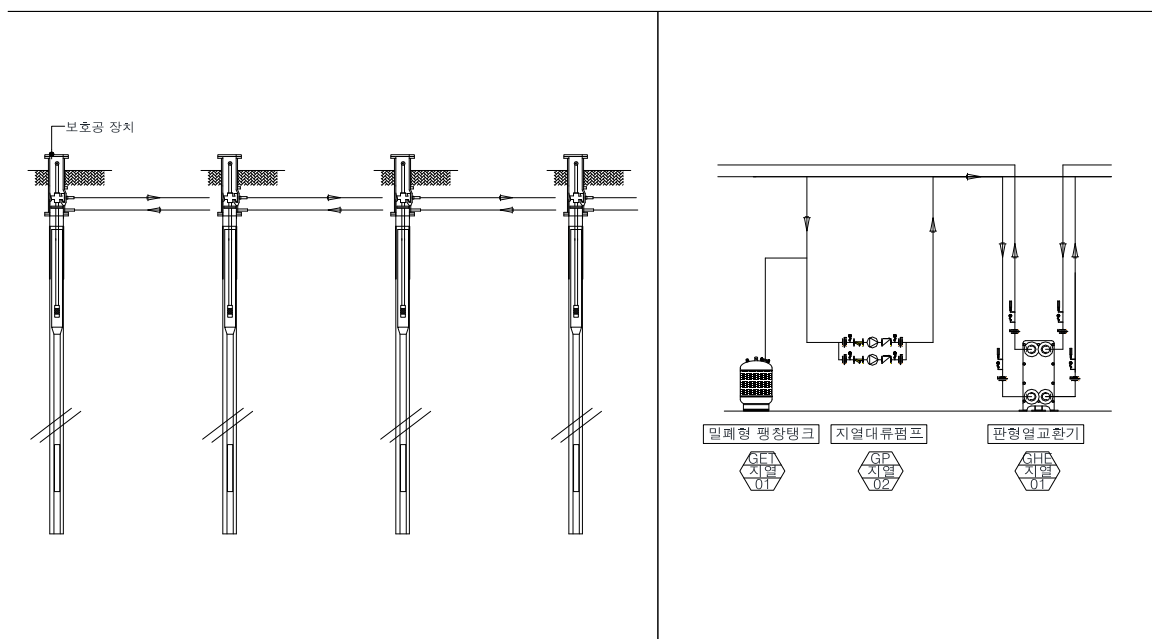
이 사건 제어용 컴퓨터는 이 사건 단지 방재실에 설치되어 있다. 이 사건 제어용 컴퓨터(PC)는 현재 정상 작동이 되지 않는 것으로 파악된다.

⑤ 지하 심정공

지하의 열을 채취하기 위하여서는 필연적으로 지하에 천공을 행하고 이 곳을 통하여 배관을 삽입하여 지하수를 순환하여야 한다. 이 사건 심정공은 모두 4개소로 지하 저면에 수중 펌프가 설치되어 있다. 직접적인 열원 채취 장소인 지하 심정공은 이 사건에서의 경우 히트 펌프 자체와는 그 흐름이 절연되어 있으며 이 것은 이 사건 열교환기(대형 판형 열교환기를 이름)에서 1차측과 2차측으로 열적 이동이 있을 뿐 구조적으로 분리되어 흐름을 차단하는 구조이다.

두 번째 열교환기는 이 사건 히트 펌프 내에 장착 되어(이는 열교환기라기 보다 응축기나 때에 따라 증발기) 있음으로 기본적으로 히트 펌프의 냉매가 이 사건 지하로 유입되어 지하수를 오염시킬 여지를 차단하고 있다.

이 사건 지하 심정공과 열교환기 흐름도



이 사건 지하 심정공과 열교환기 설치 흐름도

(3) 히트 펌프

히트 펌프는 열을 온도가 낮은 곳에서 온도가 높은 곳으로 이동시키는 장치로 물펌프와 비교된다. 물펌프는 물을 낮은 위치에서 높은 위치로 이동하는 장치인데 반하여 히트 펌프는 낮은 온도의 곳에서 높은 온도의 곳으로 열을 이동하는 열 펌프이다. 이 것은 냉매의 압축, 응축, 팽창, 증발의 과정을 통해 열을 방출 또는 흡수하는 메카니즘이며 단일 기기에서 냉방과 난방이 모두 가능하다.

히트 펌프의 원리 및 성능 도시

		여름철 열의 이동		겨울철 열의 이동	
-	구분	냉방	난방	성능(COP)	열원
1	에어컨 (냉방전용)		-	2.5	대기중 공기
2	히트펌프 (4계절)			여름 : 2.5 겨울 : 1.5	대기중 공기
3	히트펌프 (4계절)			여름 : 4.0 겨울 : 3.5	지중열원

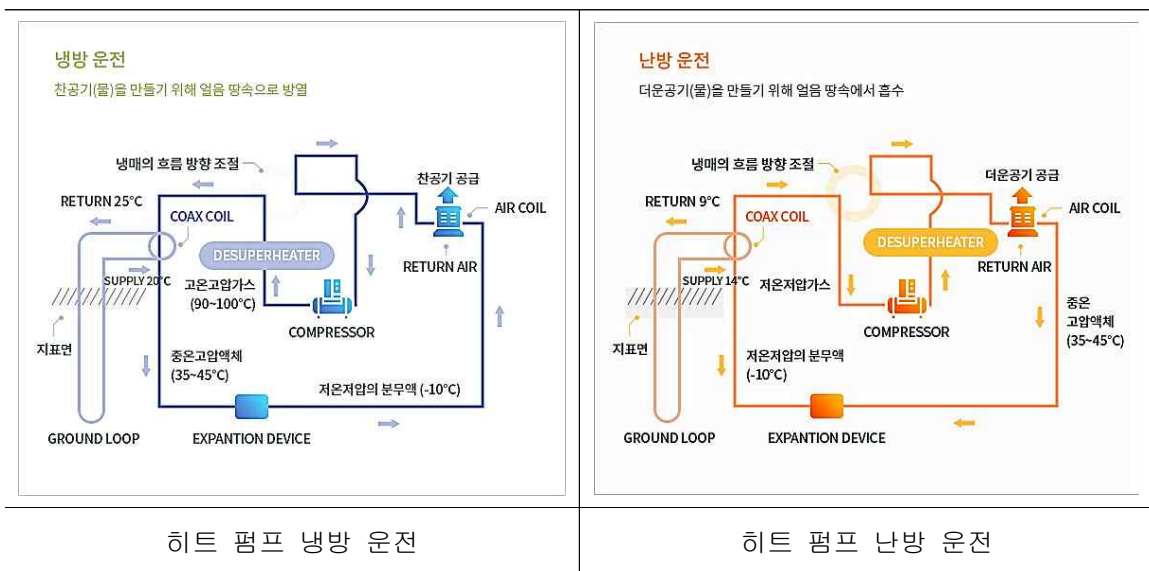
히트 펌프는 기본적으로 냉동 사이클에 따른 냉매의 상변화를 응용하는 열펌프이며 그 기본 구조와 메카니즘은 냉동사이클에 준한다.

(4) 지열 냉난방 시스템의 작동원리

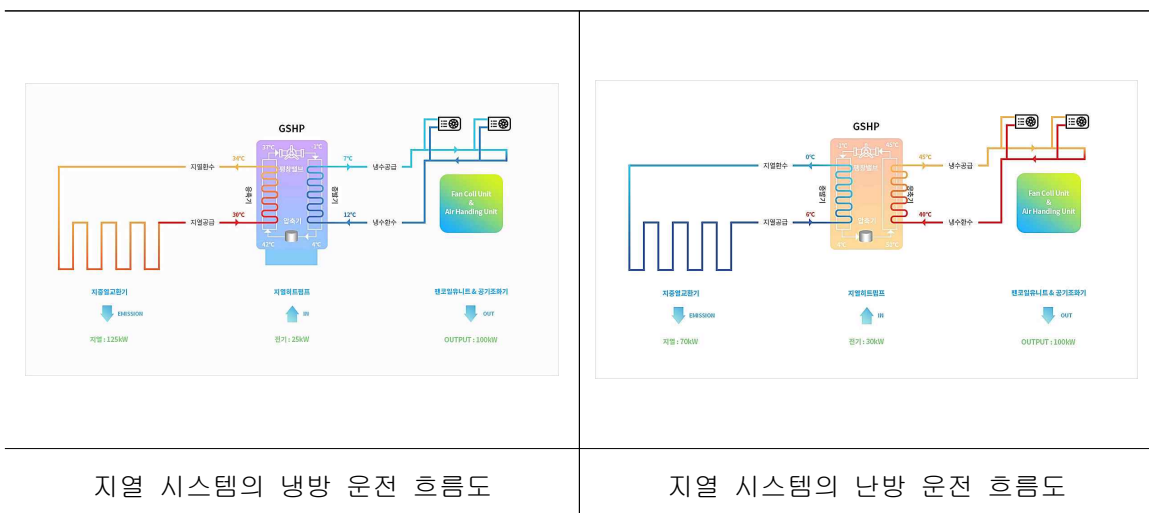
냉방 : 여름철 외부의 온도로 높아진 실내 온도를 흡수하여 지중열교환기로 순환하여 열을 방출한다.

난방 : 겨울에 외부의 온도로 차가워진 실내온도를 지중의 열을 흡수하여 지중열교환기로 순환하여 실내 난방을 행한다.

지열히트펌프의 냉난방 개념도



지열시스템의 냉난방 운전 흐름도



(5) 지열 냉난방 시스템의 경제성 분석

지열을 이용한 지열 이용 냉난방 시스템은 기본적으로 COP(냉동기 성적 계수이다, 성능 계수와는 다르다)가 사계절 공기 열원 방식은 여름 2.5, 겨울 1.5에 비하여 여름 4.0, 겨울 3.5로 월등히 크므로 그 만큼 적은 전기 동력을 투입하여 큰 냉난방 효과를 발휘할 수 있는 에너지 절약적 시스템이다.

사계절 일반 냉난방기의 경우에는 기본적으로 동절기 영하의 날씨에는 그 효율 이 크게 저감되는데 반하여 지열 이용 히트 펌프 냉난방 시스템은 연중 지중의 온도가 15~25℃ 전후로 일정하게 유지됨으로 그 효율 측면에서 비교할 수 없을 정도로 매우 우수하다. 이 사건 세종 더샵 아파트가 동절기에 영하의 날씨가 나타나는 지역으로 동절기의 공기열원 일반 사계절 냉난방기는 이 사건 지열 시스템에 비하여 전기료 발생이 클 것이다.

지열 냉난방 시스템의 소요면적 및 부피

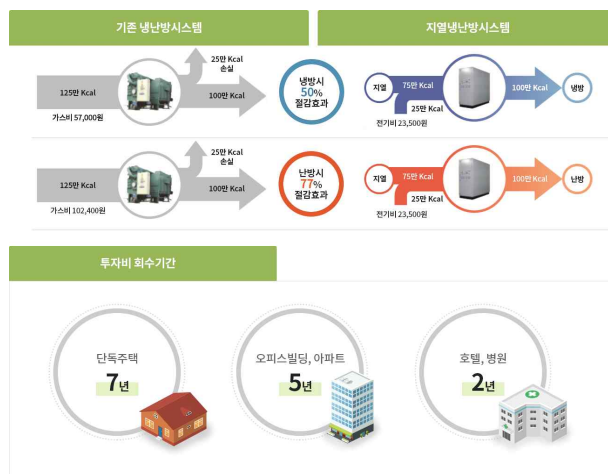


연면적 : 3,300㎡ (1,000평), 100 RT 지열 시스템, 공조고 2.7m 경우

구 분	건축물	지중열교환기	비 율
연면적 (㎡)	3,300	1,224	37%
부피 (㎡)	9,900	183,600	1,850%


지중열교환기 150m x 34개 경우, 건물체적의 약 20배 상당하는 지중열교환기 필요

지열 냉난방 시스템의 경제성 분석




지열 냉난방 시스템의 경제성 분석

지열 냉난방과 지열 발전 비교

 <p style="text-align: center;">천공깊이 150~200m</p>	 <p style="text-align: center;">천공깊이 4000~5000m</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">대량의 물이 배출구를 찾지 못해 지층교란 발생 → 지진위험상승</p>
일반적인 지열냉난방	포항지열발전

-	구 분	일반적인 지열냉난방	포항지열발전
1	특 징	수직으로 150~200m의 지중열 교환기를 설치하고 PE파이프 내의 유체순환을 통해 흡열 및 방열	지하 4,000~5,000m 깊이를 수직천공하고 물을 투입하여 지층을 파쇄하고 고온의 증기를 얻어내 지상의 발전소에서 전기생산
2	생산 방식	연중 일정한 온도 (평균 15° C)인 땅속과 열교환만 하는 간접	지중 심부의 고온 (100° C 이상)을 추출하는 직접 이용방식
3	적용 범위	한국지질지형 모든 곳 적용가능	지질 정밀조사 선행 필수
4	시장 현황	국내 연간 200건 해외 연간 100,000건 이상 시장확대 중	북유럽 화산지대 등 화산지층에서 활용하나 환경문제로 감소 중

지열 냉난방 시스템의 장점

	지열 시스템의 장점	
	<p>뛰어난 경제성, 에너지 비용 최소화 (COP 3.5~4.0) 주요 부품의 수명 장기화 지열 열교환기 약50년, 히트펌프 20년</p> <p>안정적인 에너지원 지하200m 이상 연중 평균 온도 15°C 유지(계정설 무관) 지속 가능한 환경친화적 에너지</p>	<p>히트펌프활용 지열냉난방 시스템 보일러+에어컨 결합 형태의 차세대 공조 시스템 기계실 면적 최소화 가용면적 증가</p> <p>안전과 환경 폭발 및 화재의 위험이 부존 배기가스, 공해물질 및 지하수 오염이 부존</p>

3.2 현장 조사

이 사건 감정 목적물의 현장 조사를 행하였다. 현장 조사에는 이 사건 당사자 등이 참석하였으며 감정인은 각 당사자 등의 주장과 입장을 청취하였다.

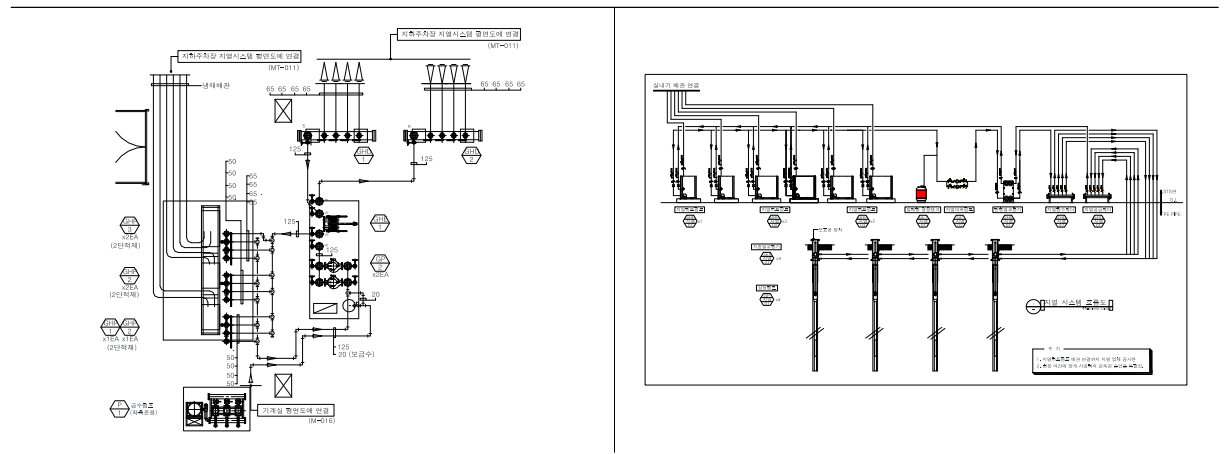
현장 조사에서는 가능한 범위내에서 이 사건 감정 목적물의 설치 상태와 운용 상태 그리고 과거에 이루어진 운전정보에 대하여 각 당사자 등에 질의하였다.

현장 조사는 이 사건 감정 목적물의 구성 요소와 현재의 보존 상태 등을 살펴 보며 이 사건 감정 목적물의 운전 시험을 행하고자 하였으나 현장 조사 당시에 이 사건 감정 목적물은 정상 작동되지 아니하는 관계로 운전 시험은 행할 수 없었다.

이 사건 감정 목적물 지열 시스템은 모든 부분에서 외관상 건전성을 유지하고 있었으며 배관의 구성과 각 부속 장치의 구성 및 보존 상태는 원만하였으며 잘 보존되어 있다는 소견이다.

이 사건 감정 목적물 배관계와 그 설치상태를 확인하면서 이 사건 감정 목적물의 핵심 장비인 히트 펌프 부분을 해체하여 조사하였는바 히트 펌프 내부의 제어 판넬 기판 부분의 보존 상태 확인에 특히 치중하여 살펴보았다.

기계실 장비 배치도 및 흐름도



아래표에 감정인의 현장 조사 결과를 간략히 표로 나타내었다.

1) 수 배관 헤더(Water Header, Supply & Return)

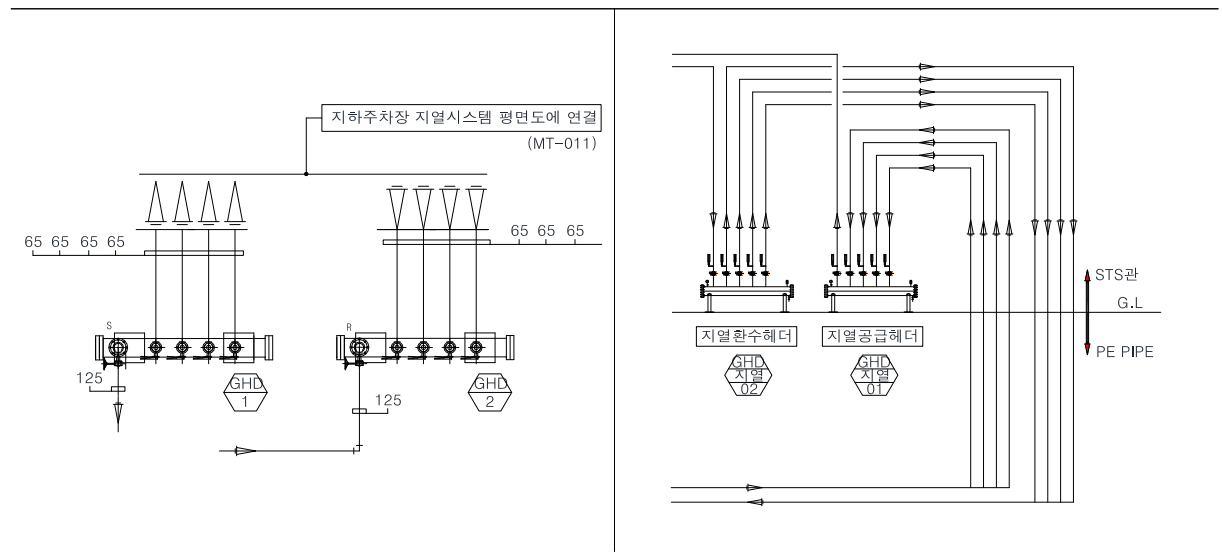
수배관 분배 헤더 현장 조사표(공급 + 환수)

(단위 : mm, 개)

-	명칭, 구분	적요, 규격	수 량	상 태		비 고
				양	부	
1	헤 더	헤더 200 Φ	2 개	√		-
2	밸 브	1차 65 Φ	8개	√		-
	-	2차 125 Φ	2개	√		-
3	재 질	STS	-	√		지중 PF관
4	보온재	두께 25mm, 칼라강판카바	-	√		유리솜
5	기 타	온도계 및 압력계	2+2	√		-
6	배관 관로	정상적인 배관망 구성	-	√		-
7	설치 상태	헤더 설치 상태	-	√		-
8	관 로	공급 환수 각 65 Φ	-	√		2차측 125
9	설계 적정성	장치의 구성과 규격 관련	-	√		-

1. 기계 장치의 설치 외관 분석을 기초하고 도면을 참조하여 작성하였다.

수배관 헤더 관련 도면



2) 열교환기(Heat Exchanger)

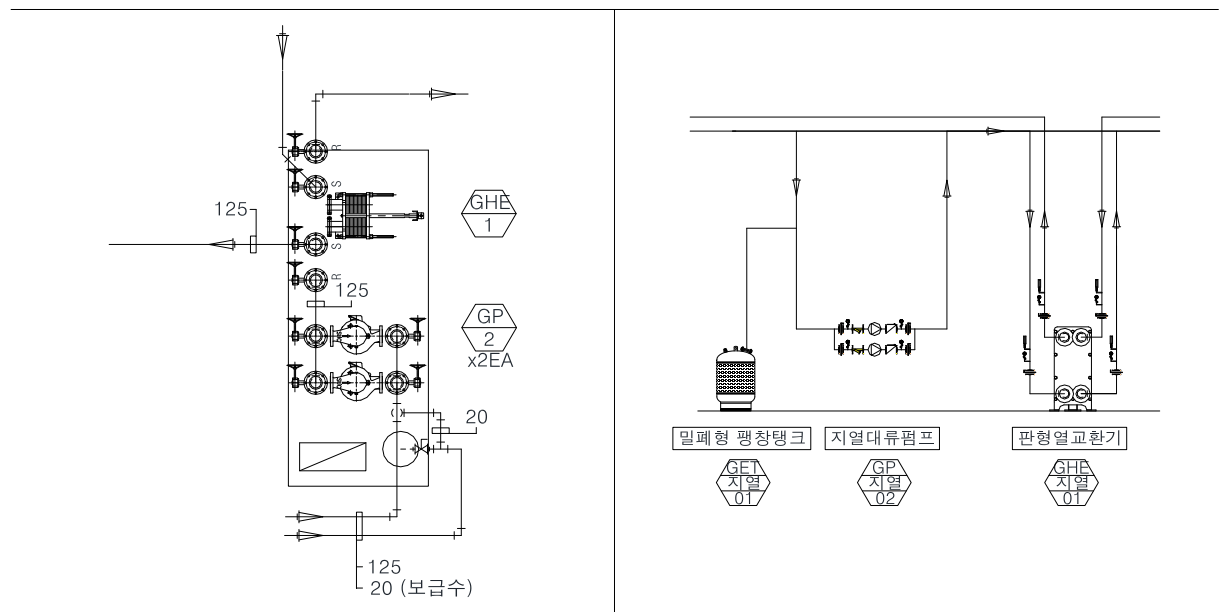
열교환기 현장 조사표

(단위 : mm, Kcal/H, 개)

-	명칭, 구분	적요, 규격	수 량	상 태		비 고
				양	부	
1	열교환기	판형 열교환기	1	√		-
2	용 량	367,000 Kcal/H	-	√		-
3	팽창 탱크	60 Liter, 490 Φ/H 740	1	√		밀폐형
4	대류 펌프	1,160 LPM, 11KW 3상 380V	2	√		인라인형
5	밸 브	In Out 125A	-	√		-
6	재 질	STS	-	√		-
7	보온재	25mm, 칼라강판카바	-	√		유리솜
8	기 타	온도계 및 압력계	4	√		-
9	배관 관로	정상적인 배관망 구성	-	√		-
10	설치 상태	열교환기, 펌프, 탱크 기타	-	√		-
11	관 로	도출측 80A	-	√		-
12	설계 적정성	장치의 구성과 규격 관련	-	√		-

1. 기계 장치의 설치 외관 분석을 기초하고 도면을 참조하여 작성하였다.
2. 도출측 스트레이나 누수로 보온재가 변색 훼손되었다.

열교환기 관련 도면



3) 히트 펌프(Heat Pump)

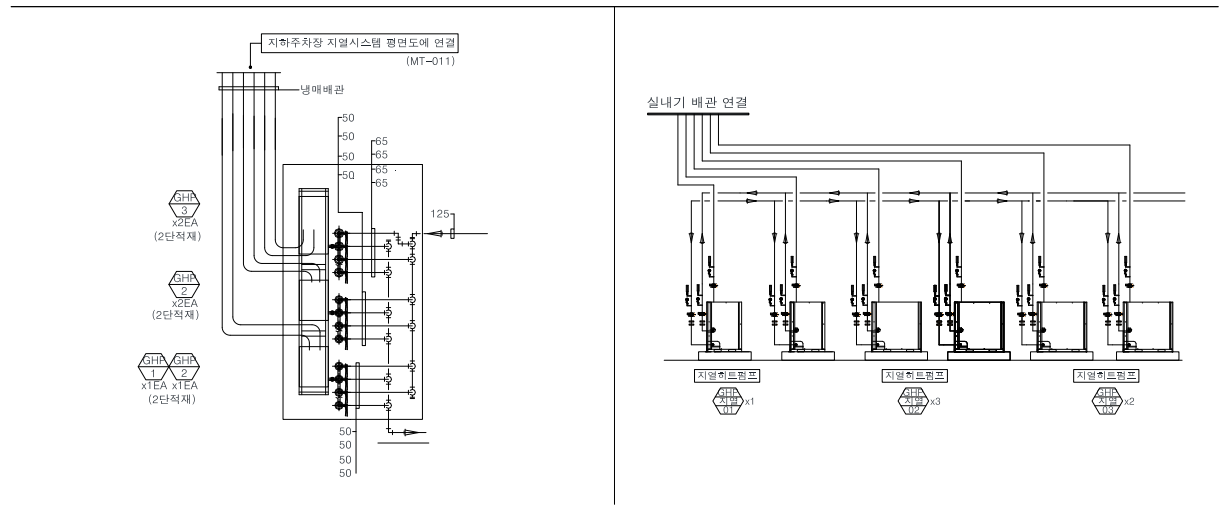
히트 펌프 현장 조사표

(단위 : KW, mm, 개)

-	명칭, 구분	적요, 규격	수 량	상 태		비 고
				양	부	
1	GHP 1	냉방 26.4KW / 난방 29.8KW	1	√		경 용
2	GHP 2	냉방 53.8 / 난방 58.4	3	√		"
3	GHP 3	냉방 84.1 / 난방 83.6	2	√		"
4	내부 기관	내부 제어기관의 훼손망실 등	6	√		보존상태
5	밸 브	50A 및 65A	12	√		수배관
6	재 질	STS	-	√		1차측
7	보온재	25mm, 칼라강판카바	-	√		유리섬
8	기 타	온도계 및 압력계	12	√		-
9	배관 관로	정상적인 배관망 구성	-	√		-
10	설치 상태	2단 적재	-	√		-
11	냉매 배관	액 9.52~19.05, 가스 22.3~31.75	-	√		R410A
12	설계 적정성	장치의 구성과 규격 관련	-	√		

1. 기계 장치의 설치 외관 분석을 기초하고 도면을 참조하여 작성하였다.
2. 5호기 히트 펌프 압축기 1대 탈착상태이다.
3. 일부 히트 펌프 기관 걸판 탈착 상태이다.

히트 펌프 관련 도면



4) 심정공(심정 펌프)

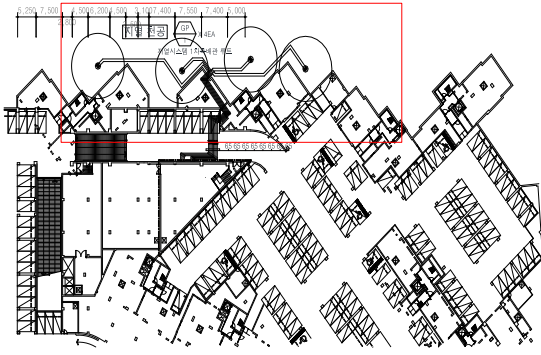
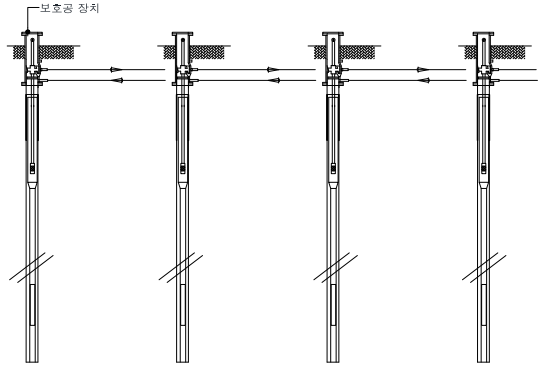


심정 펌프 현장 조사표

(단위 : KW, mm, 개)

-	명칭, 구분	적요, 규격	수 량	상 태		비 고
				양	부	
1	심 정 공	290 LPM, 3.7KW 3상 380V	4	-	-	-

1. 기계 장치의 설치 외관 분석을 기초하고 도면을 참조하여 작성하였다.
2. 심정공 심정 펌프의 이상 유무는 확인하지 못하였다.
3. 심정공 설치 상태는 외관상 양호한 것으로 사료된다.

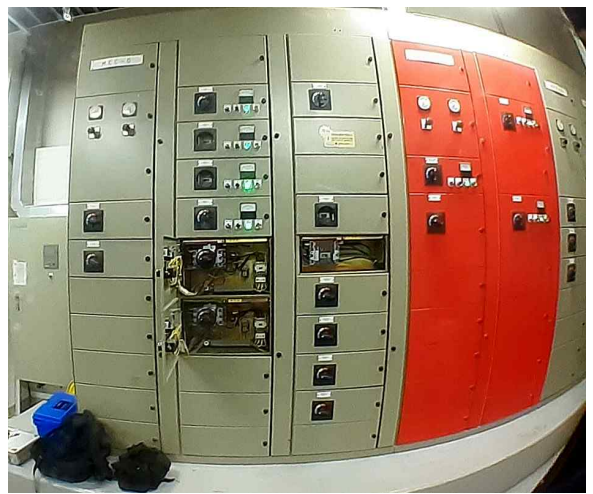
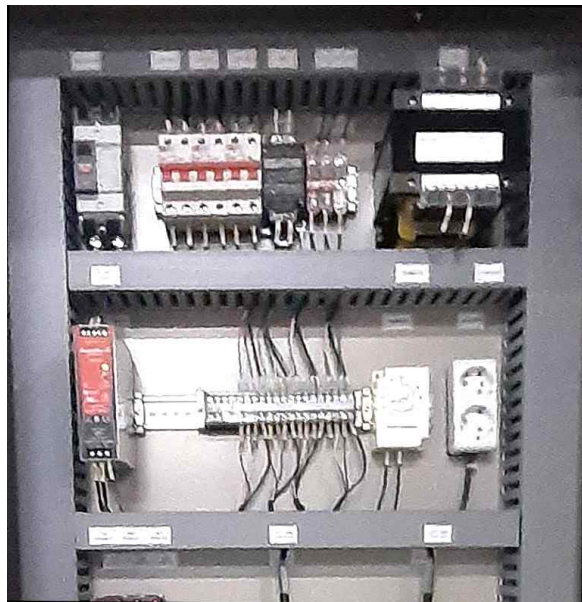
심정공 관련 도면 및 사진

 <p>지하주차장 지열시스템 평면도</p>	 <p>보호공 장치</p>
	

5) 기타 제어반 및 MCC 패널부분

이 사건 지열시스템 통합 제어반과 동력 콘트롤 MCC반은 양호한 것으로 사료된다.

제어용 통합 제어반 및 MCC 패널



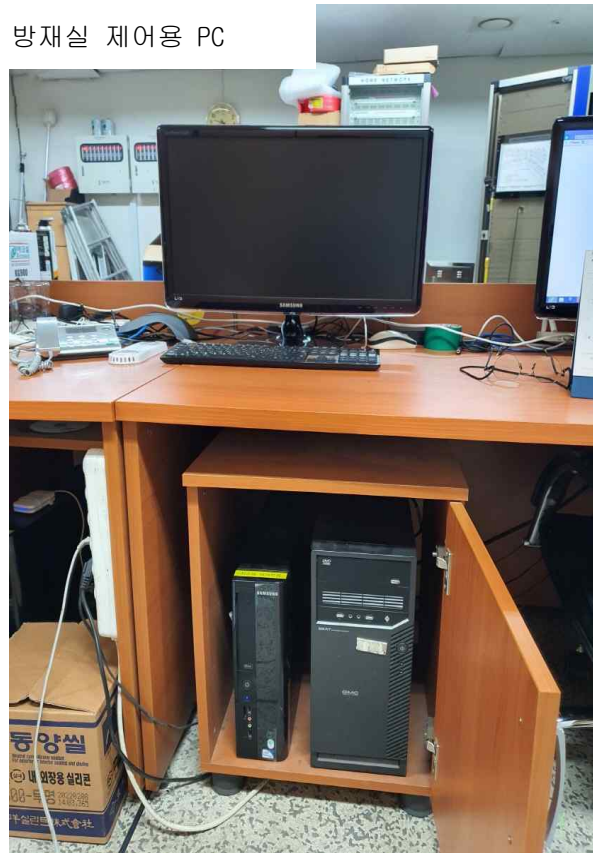
6) 방재실 제어용 퍼스널 컴퓨터

이 사건 지열시스템의 제어용 컴퓨터는 이 사건 공동주택 방재실에 설치되어 있다. 현재 이 사건 제어용 퍼스널 컴퓨터는 동작 불능 상태로 조사되었다.

방재실에 설치되어 있는 제어용 컴퓨터



방재실 제어용 PC



3.3 감정 사안별 조사 및 분석

1) 이 사건 지열 시스템의 하자 발생 원인(공용 추가 2 : 지열시스템 작동 불량)

구 분	내 용
감정 항목	<ol style="list-style-type: none"> 1. 이 사건 하자가 시공상 하자인지 아니면 유지관리 부주의 및 소홀에 의한 하자인지 여부 <ol style="list-style-type: none"> ① 지중 열교환기 배관(지열공 1과 2)이 파손되어 있는지 ② 지열시스템에어컨 실외기 열교환기 및 압축기기 파손되어 있는지 ③ 위 실외기 열교환기 및 압축기의 파손으로 인하여 냉매배관 내부에 냉동유가 혼입되어 있는지, 이로 인한 냉동기유 혼입으로 인한 냉매 배관 및 실내기 오염 등이 발생되었는지 2. 위 ①, ②, ③의 원인으로 인하여 지열 시스템의 작동 불량이 발생되었는지 3. 위 ①, ②, ③ 각 하자의 발생 원인이 무엇인지, 시공 불량에 의한 것인지 아니면 원고의 유지 관리상 소홀 부주의에 의한 것인지 4. 위 지열시스템 형식이 폐쇄형인지 개방형인지, 위 형식에 따라 지열 시스템에 부동액이 투입 사용되는지
조사 내용	<ol style="list-style-type: none"> 1. 이 사건 감정 목적물 지열시스템 설비에 대한 현장 조사를 실시하였다. 2. 이 사건 원고와 피고의 주장을 청취하였다. 3. 감정 목적물 지열시스템 기계 장치의 설치 상태와 각 전기 전력 계통 및 제어 라인에 관하여 조사하였다. 4. 이 사건 당사자들에게 입장 표명의 기회를 제공하였다. 5. 이 사건 지열시스템 설비의 작동 여부는 확인하지 못하였으나 당사자들의 의견과 각각 제출한 관련 자료를 통하여 감정 목적물의 현 상태를 조사 분석하였다. 6. 이 사건 지열시스템의 설계도면을 이 사건 피고로부터 접수하였으며 기타 이 사건 감정 목적물의 피고측의 A/S 및 원고측의 유지 보수 이력 등은 현재 보관되지 아니하다는 주장으로 접수하지 못하였다. 7. 이 사건 원고로부터 원고측 주장에 관한 의견서를 접수하였다. 8. 감정서 본문 '3.1 현황 파악'란에 이 사건과 관련된 일반적인 측면에서의 지열 냉난방시스템에 관한 자료들을 기술하였다. 9. 감정서 본문 '3.2 현장 조사'란은 이 사건 현장 조사한 결과이다.
감정인 소견	<ol style="list-style-type: none"> 1. 이 사건 현장 조사한 결과와 이 사건 관련 도면 및 이 사건 당사자들의 주장을 청취하여 이 사건 감정 사항에 대한 감정인 소견을 본항에 적시하였다.

구 분	내 용
감정인 소견	<p>2. 이 사건 감정 목적물 지열 냉난방 시스템은 잘 설계되고 적절히 설치되었다는 소견이다.</p> <p>3. 이 것은 감정인이 현재까지 조사 확인한 결과에 기인하며 현재 특별히 잘못 설계되었거나 부적절하게 시공되었다는 하자 부분은 확인되지 않기 때문이다.</p> <p>4. 현재 발생한 이 사건 지열 냉난방 시스템의 하자는 사용자 과실의 유지관리 소홀에 기인한 것으로 사료된다.</p> <p>5. 이는 감정인의 현장 조사 청문 결과 이 사건 지열냉난방 시스템은 상당기간 정상 작동하였으며 이 사건 원고측이 제출한 문서에 2016. 05 경에 지열 시스템의 지중배관의 누수로 이 사건 피고측에 지열 시스템의 점검을 요청한 사실이 있음으로 이 사건 지열시스템은 인수 이후에 정상 작동하였다는 사실에 기반한다.</p> <p>6. 이 사건 원고는 이 사건 피고가 적절한 사후관리(A/S)를 수행하지 않음으로 감정 목적물의 하자가 지속적으로 진전하여 현재에 이르게 되었다고 주장한다.</p> <p>7. 이 사건 원고와 이 사건 피고에게 각각 이 사건 지열시스템의 유지관리의 기록력 또는 고장이력 나아가서 현장 기록일지 등을 요청하였으나 쌍방 모두 그러한 문서는 현재 보관하지 못하였다고 주장한다.</p> <p>8. 이 사건 지열 냉난방 시스템은 전향 등에서 살펴본 바와 같이 개방형 시스템이며 1차로 지하 심정 펌프의 순환수는 기계실 열교환기에서 판형 열교환기로 열교환을 하는 과정에서 지하 순환수와 이 사건 히트펌프와는 상호 절연상태를 유지하는 관계로 이 사건 히트펌프 시스템과 지하 순환수의 물적 교류는 원칙적으로 차단됨으로 이 사건 냉동유가 지하 심정공 또는 배관내에 유입될 확률은 매우 적은 것으로 사료된다.</p> <p>9. 이 사건 히트펌프의 냉동기유가 이 사건 실내기에 혼입하였는지의 여부는 현재로서 확인할 수 없는 부분이다. 그러나 그러한 현상의 발생은 매우 이례적인 것으로 사료된다.</p> <p>10. 현재 이 사건 히트펌프 5호기의 압축기는 본체에서 분리하여 탈착된 상태이며 이 것이 무슨 연유에서 분리되었는지는 현재 이 사건 아파트 관리소에서도 정확한 사정을 알고 있지 못한 것으로 조사되었다.</p> <p>11. 지열 시스템중 개방형 시스템에서는 외부 기온이 영하로 존재할 가능성이 있음으로 순환수에 부동액을 주입하여 이를 예방할 필요가 있다. 이 사건 지열 시스템에도 지중 순환수에 부동액을 주입하여 운전하여야 할 것으로 사료되며 주기적인 부동액 적정 여부를 확인 관리하여야 한다고 생각한다. 첨부한 ‘히트펌프 사용 설명서’ 35쪽 냉각수 관리에 부동액의 희석 비율을 참조하시기 바란다.</p>

2) 시공상 하자 발생인 경우 적절한 하자보수비용의 산정

구 분	내 용
감 정 항 목	<ol style="list-style-type: none"> 1. 지열시스템 작동 불능 현상이 시공하자로 인하여 발생한 경우 적절한 하자보수비용을 산정하여 주시기 바랍니다. 2. 지열시스템 자체의 하자를 보수하기 위하여 소요되는 객관적인 비용의 산정, 즉 지열시스템 자체를 임의로 다른 시스템(전기 에너지를 사용하는 일반적인 시스템 에어컨) 등으로 변경하는 비용을 기준으로 하자 보수비용을 산정하여서는 아니됩니다.
조 사 내 용	<ol style="list-style-type: none"> 1. 이 사건 감정 목적물 지열시스템 설비에 대한 현장 조사를 실시하였다. 2. 이 사건 원고와 피고의 주장을 청취하였다. 3. 감정 목적물 지열시스템 기계 장치의 설치 상태와 각 전기 전력 계통 및 제어 라인에 관하여 조사하였다. 4. 이 사건 당사자들에게 입장 표명의 기회를 제공하였다. 5. 이 사건 지열시스템 설비의 작동 여부는 확인하지 못하였으나 당사자들의 의견과 각각 제출한 관련 자료를 통하여 감정 목적물의 현 상태를 조사 분석하였다. 6. 이 사건 지열시스템의 설계도면을 이 사건 피고로부터 접수하였으며 기타 이 사건 감정 목적물의 피고측의 A/S 및 원고측의 유지 보수 이력 등은 현재 보관되지 아니하다는 주장으로 접수하지 못하였다. 7. 이 사건 원고로부터 원고측 주장에 관한 의견서를 접수하였다. 8. 감정서 본문 '3.1 현황 파악'란에 이 사건과 관련된 일반적인 측면에서의 지열 냉난방시스템에 관한 자료들을 기술하였다. 9. 감정서 본문 '3.2 현장 조사'란은 이 사건 현장 조사한 결과이다.
감정인 소견	<ol style="list-style-type: none"> 1. 이 사건 지열 냉난방 시스템의 시공하자로 생각되는 하자 부분은 현재로서 부재한 것으로 사료된다. 2. 다만 이 사건 피고가 이 사건 원고에게 적절한 유지 관리 방법과 수단을 인수 인계 내지는 교육을 행하였는지의 여부는 현재로서 확인하기 불가하다. 3. 감정서 붙임 '원고 제출 자료' 7쪽에는 '시설물 및 제반 서류 인수인계서'가 보이는바 교육과 관련 내용을 포함하는지의 여부는 감정인이 판단하기 곤란한 부분이다.

3) 하자 발생 시기의 특정

구 분	내 용
감 정 항 목	<ol style="list-style-type: none"> 1. 지열 시스템 작동 불량이라는 하자가 발생한 시기를 특정하여 주시기 바랍니다. 2. 하자 발생 시점은 원고가 귀 감정인에게 제출하는 문서(내용 증명 등) 그 발생 시점을 객관적이며 구체적으로 특정하여 주시기 바랍니다. 반드시 감정서에 해당 문서를 첨부하여 주시기 바랍니다.
조 사 내 용	<ol style="list-style-type: none"> 1. 이 사건 감정 목적물 지열시스템 설비에 대한 현장 조사를 실시하였다. 2. 이 사건 원고와 피고의 주장을 청취하였다. 3. 감정 목적물 지열시스템 기계 장치의 설치 상태와 각 전기 전력 계통 및 제어 라인에 관하여 조사하였다. 4. 이 사건 당사자들에게 입장 표명의 기회를 제공하였다. 5. 이 사건 지열시스템 설비의 작동 여부는 확인하지 못하였으나 당사자들의 의견과 각각 제출한 관련 자료를 통하여 감정 목적물의 현 상태를 조사 분석하였다. 6. 이 사건 지열시스템의 설계도면을 이 사건 피고로부터 접수하였으며 기타 이 사건 감정 목적물의 피고측의 A/S 및 원고측의 유지 보수 이력 등은 현재 보관되지 아니하다는 주장으로 접수하지 못하였다. 7. 이 사건 원고로부터 원고측 주장에 관한 의견서를 접수하였다. 8. 감정서 본문 '3.1 현황 파악'란에 이 사건과 관련된 일반적인 측면에서의 지열 냉난방시스템에 관한 자료들을 기술하였다. 9. 감정서 본문 '3.2 현장 조사'란은 이 사건 현장 조사한 결과이다.
감정인 소견	<ol style="list-style-type: none"> 1. 이 사건 원고가 현장 조사 당시에 감정인에게 제출한 문서가 존재한다. 이 문서는 '지열 시스템 고장 원인에 대한 의견'이며 감정서 붙임으로 '원고 제출 자료'로 첨부하였다. 이 사건 관련한 감정인이 접수한 사건 진행 관련한 유일한 문서이다. 2. 이 사건 감정 목적물의 고장 발생 시점이 상기 문서에 의하면 2016. 05월 경이며 이것이 이 사건 최초로 이 사건 원고가 이 사건 피고에게 고장 발생의 하자보수를 의뢰한 일자로 생각된다. 이것은 감정인의 현장 조사 당시 양 당사자의 의견을 들은바에 의하면 준공 이후 3년여 경과한 시점이라 한다.

4) 유지 관리에 대하여

구 분	내 용
감 정 항 목	<ol style="list-style-type: none"> 1. 이 사건 아파트에 적용된 지열 시스템의 정상적인 작동을 위하여서는 관리주체에 의한 주기적인 유지관리가 이루어 져야 하는지 여부 2. 만일 관리주체에 의한 주기적인 유지관리가 필요한 것이라면 관리주체가 시행하여야 하는 유지 관리 업무에는 어떠한 것이 있으며 그와 같이 유지관리업무를 시행하여야 하는 기술적 이유는 무엇인지 3. 피고 00000이 시설물 인수인계 과정에서 원고측에게 지열시스템 유지 관리를 위한 설명 및 교육을 실시하였는지 여부
조 사 내 용	<ol style="list-style-type: none"> 1. 이 사건 감정 목적물 지열시스템 설비에 대한 현장 조사를 실시하였다. 2. 이 사건 원고와 피고의 주장을 청취하였다. 3. 감정 목적물 지열시스템 기계 장치의 설치 상태와 각 전기 전력 계통 및 제어 라인에 관하여 조사하였다. 4. 이 사건 당사자들에게 입장 표명의 기회를 제공하였다. 5. 이 사건 지열시스템 설비의 작동 여부는 확인하지 못하였으나 당사자들의 의견과 각각 제출한 관련 자료를 통하여 감정 목적물의 현 상태를 조사 분석하였다. 6. 이 사건 지열시스템의 설계도면을 이 사건 피고로부터 접수하였으며 기타 이 사건 감정 목적물의 피고측의 A/S 및 원고측의 유지 보수 이력 등은 현재 보관되지 아니하다는 주장으로 접수하지 못하였다. 7. 이 사건 원고로부터 원고측 주장에 관한 의견서를 접수하였다. 8. 감정서 본문 '3.1 현황 파악'란에 이 사건과 관련된 일반적인 측면에서의 지열 냉난방시스템에 관한 자료들을 기술하였다. 9. 감정서 본문 '3.2 현장 조사'란은 이 사건 현장 조사한 결과이다.
감정인 소견	<ol style="list-style-type: none"> 1. 이 사건 감정 목적물 지열 냉난방 시스템의 유지관리는 사용자가 마땅히 적법한 방법과 수단을 동원하여 실행하여야 한다는 소견이다. 2. 관리 요소 및 관리 방법은 아래와 같다. <ol style="list-style-type: none"> 1) 기본적으로 냉동기 유지 관리와 같은 수준의 유지관리가 필요하다. 2) 히트 펌프 및 그 부속설비 들에 대한 압력, 온도, 기기 베어링 주유, 냉동유 관리, 냉매 관리, 전원 관리, MCC 마그네트 점점 관리, 선로 및 회전기기의 권선 절연 측정, 수질 및 부동액 충전 및 누수 관리 등이다. 3. 점검 주기로는 이 사건 지열 시스템이 사계절용임으로 매 분기 2회 정밀 점검을 행하고 가동시에는 일상 점검 수준으로 일지를 운용하여 매일 매 시간 마다(매시간 점검이 어려운 경우 방재실 모니터링을 통한) 점검 체크하여야 한다. 4. 시설물 특히 회전기기 및 고온 고압의 기계 장치의 관리 업무는 안전 사고 예방 및 지속적인 설비 운용을 위하여서 필수적인 역무로 생각된다.

구 분	내 용
감정인 소견	5. 이 사건 피고가 이 사건 원고에게 이 사건 감정 목적물에 대한 인수 인계에 관하여서는 예의 이 사건 원고가 제출한 문서에 시설물(시운전) 및 제반 서류 인수 인계서가 존재하며 별첨으로 지열 시스템 자동제어 매뉴얼이 있으나 지열 시스템 운전에 관한 제반 교육을 행하였는지에 대하여서는 감정인이 확인할 수 없는 부분이다.

1. 유지관리 점검 일지로는 감정서 붙임 ‘히트 펌프 사용 설명서’ 37쪽을 기초하여도 좋을 것으로 생각된다.

5) 보수 비용 산정에 관하여

본 항에서 이 사건 감정 목적물 지열 시스템의 하자 발생 원인이 시공자 과실인지 아니면 사용자 과실인지의 여부 판단은 현명하신 재판장님의 판결에 따를 일로 사료되나 감정인은 그에 막론하여 이 사건 감정 목적물의 현상태에서 정상 작동하는데에 소요되는 비용을 객관적 입장에서 그 금액을 산정하기로 하였다.

아래표는 이 사건 감정 목적물 지열시스템의 고장 수리에 소요되는 비용 산정표이다. 이는 감정인의 경험과 현재까지 감정인이 인지하고 있는 이 사건 각 당사자 등의 주장을 기초하였다. 이것은 이 사건 감정 목적물의 손상한 상태를 알 수 없는바 매우 주관적인 부분이기도 하다.

하자 보수 비용 산정

(단위 : 식, 원)

-	작업 구분	작업 내용	수량	소요 비용
1	압축기 수리	히트펌프 4호기, 반출 반입 설치 조정 포함	1	500,000
2	배관 후래싱	실내기로 향하는 히트펌프 냉매배관, 가스충진 포함	1	2,000,000
3	방재실 제어용 PC	프로그램 점검 조정 및 Up Grade	1	500,000
4	기계실 제어반	PLC 점검 조정 및 Up Grade	1	700,000
5	심정공	심정공 1개소 점검 및 보수(배관 보수에 한함)	1	800,000
6	"	심정공 1개소 점검 및 보수(배관 보수에 한함)	1	800,000
7	배관 누수 수리	열교환기 스트레이나 누수(보온재 교체 등)	1	200,000
8	지열 시스템 점검	전체 지열 시스템 점검, 관로, 전선로, 통신로 등	1	2,000,000
9		각 부속 설비(모터, 열교환기, 밸브 등) 포함	-	-
10	히트 펌프 점검	히트 펌프 6대 절연 및 선로 체크, 기타 점검	1	1,200,000
11	예비비	불상의 예측 불허 수리에 대한 예비비	1	3,000,000
12	소 계	-	-	11,700,000
13	공과 잡비 이윤	직접비의 10 %	-	0.1
14	합 계		-	1,170,000
15	총 계		-	12,870,000

1. 공사 원가 계산은 행하지 아니하였다. 부가가치세 제외 금액이다.
2. 시중 일반적으로 이루어지는 노임과 부자재를 참고하여 정성적 판단에 따랐다.-끝-