

과제번호 : 18CTAP-C116546-03

과제명 : 복수의 지열정 페어링 및 지하수 연동제어기술을  
활용한 지중열교환 증대기술 연구

최종보고서 별지

## 별지 목차

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| 별지1. 복수의 지열정 페어링 기술 지중열교환기 설치시방서 ..... | 1  |
| 별지2. 개방형 지열시스템 운전 중 점검 사항 .....        | 22 |

별지 1.

복수의 지열정 페어링 기술 지중열교환기 설치시방서

별지 1

# 복수의 지열정페어링 지중열교환기 설치 시방서

본 설치시방서는 “복수의 지열정 페어링 및 지하수 연동제어기술을 활용한 지중열 교환기 효율증대” 시키는 지열우물공(SCW) 시공기술에 적용한다.

# 목 차

## 1. 개요

## 2. 용어 정의

## 3. 일반 시방

## 4. 특별 시방

가. 지중열교환기 설치

나. 융착

다. 트렌치배관

라. 자동제어

## 5. 유지관리 메뉴얼

## 1. 개요

“복수의 지열정 페어링 및 지하수 연동제어기술을 활용한 지중열교환기 효율증대”  
지열우물공(SCW) 시공기술

## 2. 용어정의

### 가. 지중 열교환기

지중열교환기는 수직으로 2개를 250M 천공하고 2개의 지열공을 페어링형태로 연통관에 의해 연결하여 지열우물공을 설치하고 내부에는 수중펌프와 환수관이 내장된 더블렛 수중펌프하우징과 바닥까지 연장되는 환수관을 설치하여 지열우물공으로 부터 지하수를 취수하여 열교환을 한 후 지하수를 다시 동일한 지열우물공으로 주입하는 방식을 말한다.

### 나. 지중 트렌치 배관

지중열교환기로부터 양수된 지하수와 지중열교환기로 환수되는 지하수가 통하는 배관으로 지중에 매설된 배관을 말한다

### 다. 밀폐식 상부보호공(지열우물공 오염방지시설)

지중열교환기 최상부에 설치되며 지중열교환기를 순환하는 지하수의 오염을 방지하는 장치로 본체 내부에 쌍방향게이트를 구비하고 스테인레스 재료를 사용하여 제작한다

### 라. 지하수 영향조사

지열우물공을 설치 할 경우 인근 우물에 미치는 영향등을 조사하는 기법으로 대관업무로 수행 한다

### 마. 천공 작업

지하 토양과 암반에 특수장비(천공기)를 이용하여 일정 깊이까지 보어홀을 형성하는 작업을 말하며 보어홀 상단부의 붕괴를 방지를 위해 지면에서 지하 암반층 출현 지점까지 케이싱을 삽입하는 것을 포함 한다

바. 그라우팅

토양부분 천공작업으로 인한 지표수의 지열우물공 내로의 유입을 방지하기 위하여 그라우트 전용재료를 주입하는 작업을 말한다

사. 양수시험

관정에 대한 수리학적 변수를 파악하고 우물 효율을 최대로 하는 양수량을 산정하기 위해 단계별 실시하며 수중모터펌프 선정시 반영시킬 수 있어야 한다

아. 용착

PE등의 배관을 전용공구(전기용착기)나 연결부속(Fitting)을 사용하여 녹여 붙이는 작업으로 소켓용착 버트용착 새들용착을 말한다

### 3. 일반 시방

가. 지하수법 제27조에 따른 지하수 영향조사 기관에서 '지하수영향조사'를 실시하여야 한다

나. 지열우물공 오염방지시설(밀폐식 상부보호시설, 수위측정공 등) 및 지중시설(직경 등) 설치시「지하수법 시행규칙」별표2, 별표5 및「지하수의 수질보전 등에 관한 규칙」별표1 등을 준수하고, 보호시설의 상단부에 식별이 용이하고 지워지지 않는 방법으로 “지열우물공” 표식을 하여야 한다

다. 설계도의 지열우물공 깊이 및 간격을 준수하여 시공하되, 지열우물공의 깊이는 시스템 정상 운전시 유지되는 지하수 안정수위부터 지열우물공 최하단부까지로 한다

라. 그라우팅 재료로 체적분율 3%의 벤토나이트를 함유한 시멘트 혼합물을 기준으로 하고 급결재도 사용할 수 있다. 단, 물과 시멘트 혼합물의 중량 비를 1:2(물:혼합물)로 하여 최대한 수축을 방지하여야 하고, 시공자는 설계시 혼합비율을 준수하여 케이싱 하부부터 채워야 한다

- 마. 지하수위를 측정하기 위해 지열우물공 또는 관측공(지열우물공으로부터 50m이내) 내에 수동 또는 자동으로 수위를 측정할 수 있는 관측장치를 설치하여야 한다
- 바. 지열우물공내에 지하수 공급 및 환수공간을 분리시키는 배관은 STS관, 수도용 PVC파이프, PE관 등 지하수 수질을 오염시키지 않는 재질의 제품을 사용하여야 하며, 공급 및 환수공간 내에 지중순환수의 흐름을 방해할 수 있는 충전재 등을 채워서는 안 된다
- 사. ‘바’항의 분리배관은 지열우물공 최하단으로부터 지열우물공 깊이의 3% 이내 까지 설치하여야 한다
- 아. 지열우물공의 지하수 수질항목 및 검사주기 등은 지하수법 제20조를 따른다.
- 자. 두 개 이상의 지열우물공 설치 시, 지질특성, 용량 등을 고려하여 우물공 사이의 10m 이상의 거리를 두어야 한다
- 차. 지하수 공급·환수관은 KS 품질기준 이상의 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 파이프를 사용하여야 하며, 지열우물공 내에 삽입되는 파이프는 기밀성이 유지되는 연결방법을 적용하여야 한다
- 타. 블리딩을 위한 배관 및 밸브를 설치하여야 하며, 블리딩량은 순환지하수량의 20% 이내로 한다. 또한 공급관과 환수관의 적정 위치에 순환유량과 블리딩량 확인을 위한 유량계와 온도계를 각각 설치하여야 한다
- 파. 심정펌프에 모래 등의 이물질 여과장치를 구비하고, 지하수 안정수위보다 10m 이상 깊은 지점에 설치하여야 한다
- 하. 중간 열교환기 전에 모래 등 이물질을 여과하는 장치를 설치하여야 하며, 지하수 수질검사 결과 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg) 등 스케일을 형성하는 성분이 KSI3003:2008 "냉동공조용 냉각수 수질 기준"을 초과할 경우 수처리장치를 설치하여야 한다

가. 지열우물공 내부에 파쇄대 또는 연약지반 등 공 붕괴 가능성이 있는 경우 이를 방지하기 위한 보강 공사를 사전에 수행해야 한다

나. 시공자는 지중 배관을 되메우기 전에 열융착 및 기계식 열원부 배관 작업 완료 후 각각에 대하여 최고 사용압력의 1.5배 이상의 압력에서 30분 이상 수압시험을 실시하여 이상이 없음을 확인하여야 하며 설치확인 신청 시, '수압시험결과 자체기록서'를 제출하여야 한다

다. 트렌치 배관은 지중매설물 및 조경수 등을 고려하여 해당지역의 동결심도 이하의 깊이에 매설하여야 한다

라. 배제시설

지중열교환기 공사 중 빗물이나 지상 오염물질이 지하로 침투하지 않도록 다음 배제시설을 설치하여야 한다

스탠딩컬럼웰형 : 지열우물공 밀폐장치 및 빗물 배수로

마. 지열우물공 깊이 확인

지열우물공 굴착이 완료된 직후 깊이에 대한 측정을 확인하여야 한다.

바. 지중열교환기 깊이 및 길이 확인 등, 천공확인 적용 시점은 지열 설비현장의 특수성 등을 감안하여 예외적으로 적용할 수 있다

샤. 유량불균일 분포 및 흐름을 방지하기 위해, 분리 천공한 홀은 서로 직렬연결을 하여 각 천공홀의 길이가 동일하게 설치되도록 하여야 한다

## 4. 특별 시방

### 가. 지중열교환기 설치공사

#### (1) 범위

본 시방서는 지중열교환기 설치공사 중 “복수의 지열정 패어링 및 지하수 연동제어기술을 활용한 지중열교환기 효율증대”시공기술에 적용한다.

#### (2) 일반사항

(가) 지중열교환기 설치 지점의 설정에 필요한 측점 측량은 발주자 또는 감독관이 실시하여 제공한다.

(나) 본 시방서에 명시되어 있지 않은 사항은 설계도서 및 토목공사 일반시방서와 지하수법에 준하고 기타사항은 사전에 감독관과 협의 후 시공하여야 한다.

(다) 시공자는 공사 착수 전에 앞서 동원인원, 장비, 자재계획과 시공법 등에 대한 시공계획서를 작성하고 그에 의거하여 작업을 수행하여야 한다.

(라) 시공자는 작업과정별로 공사사진을 촬영하여 정리하고 공사완료시 사진철을 제출하여야 한다.

(마) 시공전 도면 확인 또는 시굴 등의 방법으로 지하매설물의 유무를 발주자 및 감독관은 이를 확인 후 그 결과를 제공하고 본 공사에 임해야 한다.

#### (3) 사용 장비

(가) 시공자는 고성능 착정기, 공기압축기, 양수기 및 부대 기자재 등 착정장비를 충분히 갖추어 공정에 차질이 발생하지 않도록 해야 한다.

(나) 고성능 착정기는 충격식 공법으로 구경 200mm, 심도 300m 이상의 암반굴진이 가능 한 착정장비 이어야 한다.

#### (4) 시공순서

지중열교환기 설치공사의 시공순서는 다음과 같다.

(가) 천공위치 선정(공경, 공수, 천공심도)

(나) 지하수법에 의거 굴착행위 신고 필증 교부

(다) 천공

(라) 외부케이싱 설치 및 그라우팅 시공

- (마) 공내세척(에어써징)
- (바) 수중TV 검층(필요시)
- (사) 밀폐식 상부보호공(쌍방향게이트 크린캡) 설치
- (아) 페어링구조의 연통관 설치
- (자) 지열이송용 파이프 설치
- (차) 지중열교환기 자재 설치
- (카) 수질검사
- (타) 폐공의 원상복구(필요시)
- (파) 지하수영향조사 및 인·허가

#### (5) 시공요령

지중열교환기를 설치하기 위한 공정별 시공요령은 다음과 같다.

##### (가) 시공 선조사

조사지역 내 전기비저항 탐사를 실시하여 대상지역의 충적층 두께 및 주대수층의 발달현황을 조사한다.

세부 지질조사를 위해 NX 크기 이상의 관측공을 굴착하여 주 대수층 발달 현황을 확인하고 간이 양수시험을 실시한다.

이때 계산된 수리상수값을 활용하여 (가) 천공위치 선정에서 지열공간의 거리설계에 활용한다.

세부 지질조사 시 확인된 충적층의 두께를 확인한 후 (라)항의 지열공의 케이싱심도 설계에 활용한다.

지하 지질의 구조가 파쇄가 심한 지층이거나 암상이 붕괴에 취약한 퇴적층일 경우 (마)(바)항 공정사이에 붕괴방지 시설에 대한 설계를 추가한다.

##### (나) 천공위치 선정

구조물 및 기타 부대시설에 지장을 주지 않는 곳이어야 하며 인접한 지열 열교환기 상호간의 간섭 및 영향을 받지 않도록 적정한 거리(최소 10m이상 이격)를 유지 하여야 하고 차후부지 활용도를 면밀히 검토하여 위치를 선정하여야 한다.

(다) 굴착행위 신고

천공위치가 확정되면 지하수법 제9조의4, 동법 시행령 제14조의3, 동법 시행 규칙 제9조의4에 의거 굴착행위의 신고(지하수영향조사기관이 시행)를 득한 후 착공하여야 한다.

(라) 천공

- 1) 천공작업을 시행하기전에 감독자 입회하에 현장확인을 실시하여 설계도면상에 명시된 위치와 계획대로 정지작업이 되어 있는지 확인하여야 한다.
- 2) 지하 매설물은 종류, 규모, 매설위치 등을 미리 시굴하는 등의 방법으로 확인하고 시공 중 손상을 줄 염려가 있는 시설물은 이설, 임시 방호 또는 기타 적절한 보호 조치를 취해야 한다.(발주자 및 감독관 반드시 확인)
- 3) 천공작업시 풍화암까지는 300mm로 천공하고, 그 이하로 계획 심도까지는 200mm로 천공하되 수직성 유지를 위해 스테빌라이저(Stabilizer)나 튜빙로드(Tubing Rod)등을 적극적으로 활용하여야 한다.
- 4) 천공작업이 끝난 지열공에 대한 지하수위면의 확인은 작업 후 최소 24 시간 이상 경과 후 감독자 입회하에 실시하여야 한다.
- 5) 천공 중 지질이 변화할 때마다 시료를 채취·분석하여 천공주상도를 작성하여 감독자에게 제출하여야 한다.

(마) 외부케이싱 설치 및 그라우팅 시공

- 1) 연암층 상단까지 천공후에는 즉시 케이싱을 설치하여야 하며, 케이싱의 외부공간에는 지표 또는 지하로부터 오염물질이 유입되지 않도록 시멘트몰탈(1:2) 또는 시멘트밀크로 밀실하게 그라우트를 실시하여야 한다.
- 2) 그라우트재료 주입시 주입펌프를 사용하는 것을 원칙으로 하되 그렇지 못하는 경우에는 주입관 안으로 재료를 부어넣는 방법을 사용한다.
- 3) 천공완료 후 시멘트 그라우팅을 실시하고자 하는 경우에는 흠막이 케이싱과 외부케이싱 상단의 사이 공간을 막음하여 암석 등의 유입을 방지하여야 하고, 천공이 완료된 후에는 그라우트 주입관을 흠막이 케이싱과 외부케이싱 사이로 설치(외부케이싱이 설치된 지점까지)하고 주입펌프를 사용하여 그라우트 재료를 주입한다.

(바) 공내세척(에어써징)

고압에어콤프레샤(900CFM/350PSI)와 Booster를 이용하여 천공심도 공내의 굴착암분 및 불순물이 완전히 제거 될 때까지 세척하여야 한다.

(사) 공내 검층촬영(필요시)

지열공 내부의 케이싱 설치상태와 암반의 절리 및 대수층 두께 등을 확인하고 지하수위면 확인과 천공심도를 측정하되 반드시 동영상으로 촬영하여야 한다.

(아) 밀폐식 상부보호공(쌍방향게이트 크린캡) 설치

- 1) 밀폐식 상부보호공은 설계도면을 참조하여 명기된 내용과 동일한 제품 (쌍방향게이트 크린캡)을 사용하여야 한다.
- 2) 밀폐식 상부보호공의 제품 길이를 고려하여 지열공 주변을 지면으로부터 1 내지 1.2m 깊이로 터파기한다.
- 3) 보호공의 설치 깊이에 맞춰 케이싱을 절단하되 반드시 수평을 유지한다.
- 4) 절단된 케이싱의 상단에 플랜지를 수평되게 용접하되, 상부보호공과 배관의 연결방향을 미리 생각하여야 한다.
- 5) 용접된 플랜지 상단에 보호공 본체를 올린 후 볼트, 너트로 체결한다.
- 6) 공급관과 환수관을 각각 보호공 본체와 연결한다.
- 7) 동력선과 자동제어선을 전선주입구를 통해 삽입한다.
- 8) 보호공의 밀폐덮개를 덮고, 볼트 체결로 마감한다.
- 9) 밀폐식 상부보호공의 내부 구성물(쌍방향게이트)은 본체에서 자동으로 결합 또는 분리되는 구조가 되어 수중모타펌프 등, 지중열교환기 내부 자재의 설치 또는 인양작업이 간편하여야 한다.
- 10) 밀폐식 상부보호공 덮개부는 수밀성이 양호하고 반드시 잠금기능이 구비 되어야 한다.

(자) 페어링구조의 연통관 설치

지하수 공급·환수관은 지열을 보다 효과적으로 지상으로 끌어올려 사용 할 수 있도록 하여야 하므로 재질은 PE관으로 하고, 상호연결수단은 전기융착 방법을 사용하여야 한다.

(차) 지중열교환기 자재 설치

- 1) 지하수 주입관의 규격은 공급관이상의 관경을 사용하여 보어홀 바닥 깊이에 근접 할 수 있도록 삽입하며 말단부위에는 스테인레스로 제작된 동일 구경의 부력상쇄용 밸런스파이프(6m길이)를 구비하여야 한다.
- 2) 주입관 말단의 밸런스파이프 측면에는 다수의 지하수 입출수용 홀을 설치 하여야 한다
- 3) 수중모타펌프와 양수관과 환수관 그리고 수위측정관은 지하수의 수질에 무해한 재료를 사용하여 설계 깊이에 설치하여야 한다.
- 4) 수중모타펌프의 전원공급 전선은 수중케이블(CVF)을 이음매없이 사용하여야 하고, 지하수 수위의 저하로 인한 수중모타펌프의 공회전 손상을 방지 하기 위해 수위조절센서를 수중모타펌프 상단 10m이상 위치에 설치하여야 한다.
- 5) 수중모타펌프는 최소 2m 길이의 더블렛 구조의 스테인레스 하우징에 내장시켜 모래등 이물질의 유입을 방지하여야 한다.
- 6) 양수관은 나사 접합방법을 사용하고 환수관은 버트융착이나 소켓융착 접합 방법을 사용하여 연결하며 연결부위에서 누수가 발생하지 않도록 하여야 한다.
- 7) 지하수 환수관과 수중모타펌프에서 올라온 양수관의 상단부 끝단을 밀폐식 상부보호공에 구비된 쌍방향게이트의 하단부 결속구에 각각 체결하여 지열공에 설치하여야 한다.

(카) 수질검사

양수시험 완료후 위생기구 및 무균채수 용기를 사용하여 시료를 채수하여야 하며, 채취된 시료는 즉시 해당 공인기관 또는 수질검사전문기관에 검사를 의뢰하여야 한다.

(타) 폐공의 원상복구(폐공발생시)

폐공이 발생하는 경우에는 지하수법 제15조의 규정에 따라 즉시 원상복구 처리하고 관할 지자체의 확인을 받아야 한다.

(파) 지하수영향조사 및 인·허가

지하수법 제7조 제7항 및 시행령 제12조 규정에 의한 지하수영향조사의 항목, 조사방법 및 평가기준에 따라 수문지질현황 및 원수의 개발가능량, 적정취수량 및 영향범위 산정, 수질 등에 대한 자료를 분석 정리하여 허가를 득하고 준공신고를 필하여야 한다.(지하수영향조사기관에서 시행)

나. 용 착

- (1) 일반적으로 호칭경 65mm 이상의 관에서는 버트용착을 실시하고 호칭경 65mm 미만에서는 소켓용착을 하여야 한다.
- (2) 비오는 날이나 외기 상대습도가 90% 이상인 날에는 옥외 용착작업을 중단하여야 한다. 다만, 습기를 완전히 제거한 상태에서는 작업을 실시 할 수 있다.
- (3) 소켓용착 작업순서

| 항 목                        | 작 업 순 서                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 기기준비                       | 1) 전원 확인 2) 적절한 어댑터와 가열기 3) 깊이 게이지 4)콜드링<br>5) 파이프절단기 6) 온도감지기 7) 깨끗한 마른헝겂                                                                                                                              |
| 가열기 청소<br>및 적절한<br>가열온도 유지 | 1) 가열면은 반드시 용착 후 즉시 깨끗하고 마른 헝겂으로 닦음<br>2) 온도는 260°C~275°C를 유지하며, 외기가 차가울 경우 특히 중요함<br>3) 가열기 온도는 기구 Head(소켓)의 온도를 나타내며, 가열면 온도를 나타내는 것은 아님<br>4) 수시로 가열면 온도를 고온용 온도계 또는 온도검출용 크레용으로 Check해 줌            |
| 파이프 및<br>소켓가열              | 1) 콜드 링 뒷면의 파이프를 잡는다<br>2) 가열기의 숫면과 암면에 각각 Fitting과 파이프를 장착<br>3) Fitting과 파이프에 동일한 압력이 수직으로 작용하도록 하며 콜드링과 암면의 돌출된 면이 살짝 접촉 하도록 함<br>4) Fitting과 파이프가 가열면에 정확히 장착되면 Timer를 사용하여 18초간 유지                 |
| 파이프의<br>용착 및 냉각            | 1) 가열면 온도를 다시 한 번 확인<br>2) Timer가 울리기 시작하면, 가열기에서 파이프와 Fitting을 신속히 제거<br>3) 3초 안에 Fitting에 파이프를 콜드링 위치까지 접속함. 이때 돌리면서 접속하지 않도록 주의함<br>4) 파이프와 Fitting을 30초 간 단단히 잡고 기다림. 단단히 잡지 않는다면 파이프가 뒤로 밀릴 우려가 있음 |

#### 다. 트렌치 배관

- (1) 트렌치 배관용 파이프는 외경 및 두께 등이 허용 오차범위에 맞추어 제작된 KS제품의 것을 사용하여야 한다
- (2) 설치 전 잘린 파이프와 깊은 흠집 등 기타 손상부위를 점검하여야 한다
- (3) 파이프를 설치하는 동안 꼬임 현상이나 표면 손상 등을 방지하여야 한다
- (4) 트렌치 배관 수압시험은 0.7Mpa 압력으로 2시간 동안 수행 한다
- (5) PE 파이프의 연결은 용착기준을 준수하며 제조사에서 표준으로 제시한 용착 방법을 준수하여야 한다
- (6) 트렌치 배관의 매설깊이는 지중 매설물이나 조경수의 해당 지역의 외기온도를 감안하여 동결선 밑으로 설치하여야 한다
- (7) 공급 및 환수관의 이격거리는 300mm이상으로하고 겹쳐지는 부분을 최소화 하여야 한다
- (8) 되메우기는 트렌치배관 파이프 위로 최소 1,000mm 이상으로 덮어야 하며 지상에서 약500mm 아래에 적색의 경고 테이프를 매설하여야 한다
- (9) 초기 되메우기 재료는 자갈을 제거한 흙 또는 고운 흙으로 최소 200mm 이상 두께로 덮어야 한다
- (10) 트렌치배관 매설 작업 후에는 컴팩터나 기타 지반 토양 다짐기를 이용해서 지면을 안정되게 다져야 한다

#### 라. 자동제어

##### (1) 일반 사항

본 공사는 지열 냉난방 시스템에 사용되는 자동제어 기기 및 장치를 그 작동이나 효율이 최대한 발휘될 수 있도록 설치하며 설계도에 따라 온도, 경보, 운전 표시를 할 수 있도록 설치하는 자동제어 설비공사를 말한다

##### (2) 자동제어설비

(가) 모든 운전은 완전자동 및 수동운전이 가능하여야 한다

(나) 예비기기를 선택할 수 있어야 하며 운전중인 기기가 고장시 처음상태에

서 재기동 되어야 한다

(다) 현장제어와 그 주변기기는 신뢰성이 높아 장시간 사용하더라도 고장이 없어야 하며 제어 방식은 직접 PLC 방식으로 설계 제작되어야 한다

(라) 자동제어반은 아래의 기능을 가지고 있어야하며 그 외의 기능을 지열업체의 표준사양으로 한다

- 무인화 운전 : TIME SCHEDULE 채택

- DISPLAY (표시) : DISPLAY 기능 지원

- 기타기능 : 운전상태 및 경보기능

(지열 온도 감시, 펌프상태 감시, 지열 및 냉온수의 흐름 상황감시, 수중펌프 및 히트펌프의 이상경보 상태감시, 자동절환, 긴급정지 제어, 기타 경보제어)

### (3) 부속기기 및 부속품

(가) 조작반

- 기동 정지 SWITCH

- 표시반 및 LAMP(CONTROL PANEL)

- 경보 BUZZER 및 보조릴레이

- 운전 제어 기기 ( DDC CONTROLLER )

- 기타 운전상황 표시및 제어

### (4) 교육

1) 공사가 완료된 시점에서 시스템의 적절한 유지관리, 운전을 위해서 설치업체로부터 교육을 받아야 한다

2) 교육 내용에는 히트펌프 운전 및 시스템 운전에 대한 주기적 관리 방안도 포함한다

### (5) 시운전

상기와 같은 과정이 끝나면 지열시스템을 설치한 업체에서 최종적으로 본 시스템을 점검하고 운전 매뉴얼에 따라 시운전을 실시 한다

시운전이 완료되면 다음 서류를 구비하여 감독관에게 제출 하여야 한다

1) 지열교환기 설치 위치 및 트렌치 길이 등의 현장 레이아웃

2) 시스템 시공관련 공사 사진첩

3) 각 온도별, 유량별 장비의 운전용량 데이터

4) 관련 시스템 도면

5) 운전 설명서 및 유지보수 지침

## 5. 유지관리 매뉴얼

### 가. 지열용 쌍방향게이트 크린캡

- (1) 쌍방향게이트 크린캡은 한개의 지하수 상부보호공에 지열용 지하수의 양수와 환수를 동시에 할 수 있도록 제작된 제품으로 하나의 게이트에 양수관과 환수관이 접속될 수 있도록 제작된 것으로 신기술 지열공에 적용 할 목적으로 제작된 것이다
- (2) 쌍방향 게이트에는 오링(O RING)이 각각 삽입되어 게이트커버와 브라켓 접촉시 누수가 되지 않는 구조로 되어 있다
- (3) 상부의 커버는 육각 렌치볼트로 체결되고 상부 플렌지와 접촉면에는 가스켓이 설치되어 침수등 발생시 외부오염물질이 지열공 내부로 흘러들어 가지 않는 밀폐형 구조를 가진다
- (4) 지열공 정비나 보수가 필요한 경우 육각 렌치로 체결볼트를 풀어 커버를 탈거시킨 후 게이트에 체결된 견인대의 견인고리에 크레인의 훅을 연결하여 들어 올리면 분리되는 구조로 손쉽게 지열공내 양수시설물을 지열공 외부로 빼낼 수 있다
- (5) 양수시설물 설치의 철거와 반대 순서로 실시하면 손쉽게 작업이 가능 하다

### 나. 수중모터펌프

- (1) 수중모터펌프는 정격용량의 제품의 것을 사용하여야 하며 적정 양수량과 양정에 알맞은 제품의 것을 사용하여야 한다
- (2) 사용중에는 정기적으로 전기적인 절연저항(1MΩ 이상)을 실시하여 이상유무를 확인하여야 하며 각 상의 절연저항값이 저하하거나 불균형을 유지하는 경우에는 동일한 용량의 신품 제품으로 교체하여야 한다
- (3) 가동중 수중펌프의 교체가 필요한 경우가 발생하면 지열공내 시설물을 공내로 순서에 따라 철거 반출 교체하고 교체가 완료되면 역순서에 따라 설치작업을 실시하되 철거된 시설물(수위레벨 센서, 패킹류, 전선등)의 이상 유무를 동시에

점검 실시하는 것이 바람직 하다

다. 부력상쇄용 밸런스파이프

(1) 지열공내 삽입 설치되는 PE파이프는 비중은 0.98 전후로 수중에 설치될 경우 부력에 의해 수면위로 뜰려는 경향을 가지므로 하부에 부력을 상쇄하는 파이프등 중량물을 설치 하여야 한다

(2) 부력상쇄 파이프

(가) STS 파이프 규격 : KSD3576 STS65 (SCH10),  
PE파이프 규격 : 비중 0.94, 외경 75mm, 두께  $e_{max}$  7.6mm

(나) 설계조건 : 설치심도 500m, 운전수위 GL-50m

(다) 부력산출

<HDPE 파이프 부력>

- 산출식 : PE 단면적( $m^2$ ) $\times$  설치깊이(m)  $\times$  (1 - 밀도)  $\times$  1000kg/ $m^3$
- 단면적 :  $0.785 \times [(0.075 \times 0.075) - (0.0598 \times 0.0598)] = 0.001608m^2$
- 체적 :  $0.001608m^2 \times 450m = 0.7236m^3$
- 중량 :  $0.7236m^3 \times 1000kg/m^3 = 723.6kg$
- 작용부력 :  $723.6kg \times (1 - 0.94) \approx 43kg$

<부력상쇄용 파이프 수량>

- 재질/규격 : KSD3576 STS65 (SCH10), 단위중량 5.42kg/m
- 6m 본당 중량 :  $5.42kg/m \times 6m \approx 32kg$

(라) STS 밸런서 소요수량

- PE파이프 부력 < STS파이프 중량  
 $\Rightarrow 32kg/6m$  STS파이프 1.5본 이상 접합연결 소요  
(PE 설치심도의 약 2~3%)

라. 심정청소

- (1) 심정청소는 지하수 양수량이 감소 할 경우 지하수 청소 전문업체에 의뢰하여 실시하여야 한다
- (2) 심정청소는 지열공내 설치된 시설물을 공외로 철거한 후 실시 하여야 한다
- (3) 심정청소를 실시 할 경우 고압의 공기압축기를 이용하여야 하며 진공흡입방식이나 측면 분사방식을 사용하는 공법으로 실시하여야 한다
- (4) 심정청소는 장시간 실시하여 청수가 나올 때 까지 실시하여야 한다

- (5) 심정청소가 정상적으로 완료되면 철거된 시설물은 공내에 다시 설치하여야 하며 이때 공내 시설물의 이상유무를 동시에 확인하여 정비, 보수, 교체등의 조치를 실시하고 시운전을 실시하여 지하수 양수량의 이상유무를 확인하여야 한다

#### 마. 수위감지기

- (1) 수위감지기는 수중모터펌프 상부 1M이상에 설치되어 저수위시 수중모터펌프를 정지시켜 수중모터펌프의 손상을 예방하는 장치로 동작상태에 유의하여야 하며 오동작발생시 보수나 정비를 실시하여야 한다

#### 바. 지열공 사후관리 및 양수시설물 정비

##### (1) 범위

- (가) 지하수공 내부 양수시설물
- (나) 지하수공 내부 세정작업
- (다) 수중모터펌프(Motor-Pump)교체 및 정비,세척
- (라) 수중동력전선 점검 및 세척
- (마) 양수배관 세척
- (바) 수위전극봉 교환 및 작동상태 점검
- (사) 지하수공의 제원측정(토출수량 포함)
- (아) 양수시설물의 재설치 및 가동상태점검
- (자) 공사자료보고서 제출

##### (2) 공사순서와 시공방법

###### (가)시설물 인양작업

- 1) 해당 지하수공 이용시설물의 가동상태를 점검한다
- 2) 안전사고 예방조치후, 시설물 인양장비를 사용하여 양수시설물을 인양한다
- 3) 인양된 시설물은 정비 및 세척을 용이하게 할 수 있도록 품목별로 구분하여 보관한다

###### (나) 지하수공 내부 세정작업

- 1) 1단계 세정공업으로 고압에어(Air)를 이용한 평면분사기를 사용하여 지하수공 상부에서부터 바닥까지 세척하여 공벽에 형성되어있는 녹 스케일

(Scale)과 오염유기물질을 제거하고 암반수맥을 원상 회복시킨다

- 2) 세정공법인 진공흡입공법을 사용하여 지하수공 바닥에 침전되어 있던 퇴적된 유기물질과 오염된 지하수를 뽑아내어 지하수공의 심도회복과 아울러 지열공 내부를 청결하게 한다
- 3) 오염물질과 함께 올라오는 지하수는 침전용기를 거쳐 오염물질을 분리한 후 배출한다

(다) 양수시설물 정비·점검 및 세척작업

- 1) 인양되어있는 수중모터펌프(Moter-Pump)의 가동상태를 점검하고 세척한다
- 2) 수중동력전선의 절연상태 및 결선여부를 점검하고 세척한다
- 3) 양수배관의 노후상태를 점검하고 세척한다
- 4) 수위전극봉을 교체하고 작동상태를 점검한다
- 5) 자동제어판넬(Panel)의 부품별 작동상태를 점검하고 정비한다

(라) 지하수공의 제원측정

- 1) 지하수공의 심도, 공경, 자연수위, 지하수토출수량 등을 측정한다
- 2) 양수시설물의 동력장치 제원, 수중전선 제원, 양수관의 관경 설치심도 등을 확인한다

(마) 이용시설물 재설치와 가동상태 점검

- 1) 정비·점검 및 세척된 양수시설물을 지하수공 내부에 설치한다
- 2) 양수관과 기준시설물을 체결하고, 상부보호공 내부를 정비·정돈하여 청결하게 한 후, 양수시설물의 가동상태를 점검한다

(바) 공사자료보고서 작성 및 제출

- 1) 시공중 측정 및 확인된 지하수공의 제원과 자료, 그리고 특기사항을 자료화 하고 공정별 시공사진을 첨부하여 보고서를 작성한다

(3) 준수사항

(가) 해당공사는 위에 기술한 시공순서 및 방법에 준하여 실시한다

(나) 모든 작업은 반드시 공사감독관과 사전협의를 거친 후 시공에 임한다

(다) 작업중 주변시설이 파손 및 변형되었을 경우에는 이를 원상복구 한다

(라) 공사는 주간작업(08:00~18:00)으로 하되, 특별한 경우에는 변경할 수 있다

(마) 공사 후에는 작업장 주변을 깨끗이 청소하여 이의 미비로 인한 환경안전 사고를 사전에 예방하고, 이를 공사감독관에게 확인 받는다

사. 장비별 점검 및 유지관리 주기

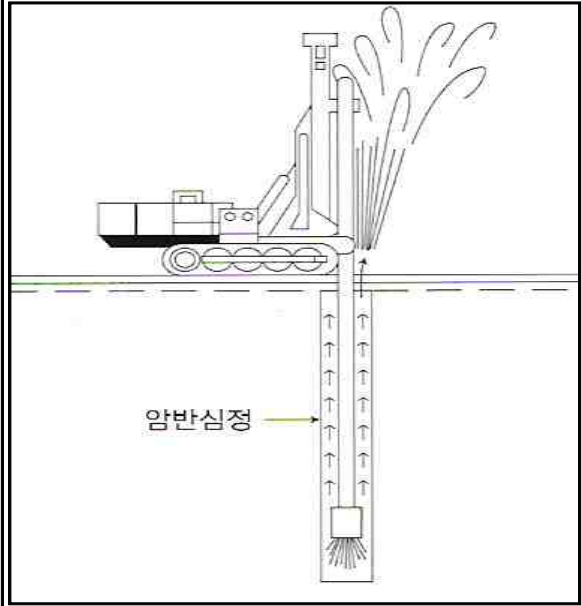
| 명칭      | 주기 |    |    |    |    |    |                       |
|---------|----|----|----|----|----|----|-----------------------|
|         | 수시 | 일일 | 월간 | 반기 | 년간 | 정기 | 체크포인트                 |
| 수중모터펌프  |    |    | ■  |    |    | ■  | 유량,지시압력,전압,전류<br>정기교체 |
| 판형열교환기  |    | ■  |    |    | ■  | ■  | 압력차,청소                |
| 순환펌프    |    | ■  |    | ■  |    |    | 유량,압력차,전압,전류          |
| 히트펌프    |    | ■  | ■  | ■  | ■  |    | 압력,소음,진동,전압,전류        |
| 자동제어    |    | ■  |    | ■  |    |    | 유량,온도                 |
| 계기류,센서류 | ◎  |    | ■  |    | ■  |    | 지시값,측정값               |
| MCC     | ◎  |    |    | ■  |    | ■  | 전압,전류<br>3년(전기안전공사점검) |
| 보온재     | ◎  |    |    |    |    | ■  | 정비                    |
| 기타      | ◎  |    |    |    |    |    | 정비                    |
| 누수      | ◎  |    |    |    |    |    | 정비                    |
| 막힘      | ◎  |    |    |    |    | ■  | 압력차,전류,청소(여과기)        |
| 소음,진동   | ◎  |    | ■  |    |    |    |                       |
| 연장허가    |    |    |    |    |    | ■  | 5년                    |
| 수질검사    |    |    |    |    |    | ■  | 3년                    |
| 영향조사    |    |    |    |    |    | ■  | 2년                    |

◎ : 육안점검 / ■ : 육안, 계측기, 청진기

아. 지열공 세척(써징) 관련 공법

| ※ 단계별 공정                                                                                                                                                |                                                                                                                                                          | ※ 장 · 단점                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div>1 평면분사 공법</div>  <p>평면분사기가 이동하면서 고압공기를 분사하여 공벽의 체적오염물질을 탈락시킴.</p> | <div>3 진공흡입 공법</div>  <p>지하수공 내부로 진공흡입력을 형성시켜 지하수공 바닥의 퇴적물을 뽑아 올림.</p> | <div>장점</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수맥의 원상회복으로 지하수 산출량 증가, 바닥의 퇴적오염물질을 제거하여 심도회복 및 수질개선의 효과</li> </ul> <div>단점</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지하수 1공당 최소 8시간의 작업시간이 필요함</li> </ul> |

(1) 평면분사 공법

| ※ 일반공장                                                                                                             | ※ 장 · 단점                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>공압기를 이용한 압축불어내기 공정만 사용.</p> | <div>장점</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공정이 매우 간단하여 작업시간이 적게 소요됨.</li> </ul> <div>단점</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공벽의 체적물질과 바닥의 퇴적오염물질을 완벽하게 제거할 수 없기 때문에 수질개선과 지하수산출량 증가효과를 기대할 수 없음.</li> </ul> |

(2)진공흡입 공법

| 순서 | 과 정                                                                                 | 내 용                                                                                                 |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 장비이동 및 설치 후, 평면분사</li> <li>↓</li> <li>지하수 공벽 청소</li> </ul> |
| 2  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 진공흡입 초기</li> <li>↓</li> <li>지하수공 바닥 퇴적물 배출</li> </ul>      |
| 3  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 진공흡입 중기</li> <li>↓</li> <li>지하수공내 오염물질 배출</li> </ul>       |
| 4  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 진공흡입 완료</li> <li>↓</li> <li>지하수공내로부터 깨끗한 물 토출</li> </ul>   |

별지 2.

개방형 지열시스템 운전 중 점검사항

## 별지 2 : 개방형 지열시스템 운전 중 점검사항

### 1. 일상점검

- 가. 지열 냉난방 시스템의 운전 상황은 1일 1회 이상 반드시 운전일지에 기록하여 관리
- 나. 운전일지를 정확히 기록해 두면 지열 냉난방 시스템을 효율적이고 안전하게 운영 할 수 있으며  
고장 발생시 원인을 정확하게 판단 가능
- 다. 지열 냉난방 시스템 운전중에는 물의 입·출구 온도, 순환펌프, 전압등의 운전 상태를 점검

### 2. 수시점검

| 점검대상   | 점검항목   | 점검사항                   |                 |
|--------|--------|------------------------|-----------------|
| 히트펌프   | 소음     | 이상음 발생 유무              |                 |
|        | 진동     | 이상진동 발생 유무             |                 |
|        | 전원     | 정지 시 전압                | 정격전압 $\pm 10\%$ |
|        |        | 운전 중 전압, 전류            | 정격전압 $\pm 10\%$ |
|        | 누설     | 배관의 누설과 결로 발생 유무       |                 |
| 지중열교환기 | 유량     | 유량 변화 및 지표면 월류 유무      |                 |
|        | 지하수 수위 | 자연수위차 및 운전수위 체크        |                 |
| 배관     | 결로     | 물방울 맺힘 유무              |                 |
|        | 누수     | 배관 단열재 파괴 및 용접부위 파손 유무 |                 |
| 센서, 계기 | 측정, 작동 | 지시하는 온도와 압력의 적정 유무     |                 |
| 전력계통   | 접점     | 타는 냄새, 스파크 발생 유무       |                 |
| 유량, 수온 | 범위     | 유량차, 온도차의 적정 유무        |                 |
|        |        | 브리딩수의 적정량 유무           |                 |

### 3. 정기점검

가. 운전 중 기록 된 운전일지를 토대로 이상 유무 판단

나. 장비휴지 시 전원 단자대 조임작업 실시

(단자대 조임이 헐거워지면 열화, 소손, 결상 등의 예기치 못한 문제 발생)

| 점검대상   | 점검항목      | 주기  | 점검사항                                                                                                       |
|--------|-----------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 일반사항   | 점검일지      | 1개월 | 정밀검토(전년대비 비교/분석)                                                                                           |
|        | 전 시스템     | 1개월 | 시스템의 손상여부 육안 관찰                                                                                            |
|        | 전 시스템     | 1개월 | 오염, 훼손, 손상 유무                                                                                              |
| 히트펌프   | 진동        | 1개월 | 이상 진동 발생 유무                                                                                                |
|        | 절환        | 6개월 | 냉난방 절환시 이상음 발생 유무 확인                                                                                       |
|        | 절연저항      | 1년  | 500V메거 테스트사용 : 5~10MΩ                                                                                      |
|        | 크랭크케이스 히터 | 6개월 | 운전 중 토출부 보다 낮은온도 유지                                                                                        |
|        | 누설        | 1년  | 기기 및 배관 접속부의 비눗물 점검<br>누설 발견시 적정조치 시행                                                                      |
|        | 오일량       | 1년  | 유면계에서 운전 중(1/4~3/4)위치                                                                                      |
|        | 고,저압력     | 6개월 | 적정 압력 범위내 유지 유무                                                                                            |
|        | 고저압 스위치   | 6개월 | 설정압력에서 ON-OFF 확인                                                                                           |
|        | 액면계       | 6개월 | 기포가 발생 유무                                                                                                  |
|        | 냉매오염      | 6개월 | 액면계 확인                                                                                                     |
| 지중열교환기 | 지하수유량     | 1개월 | 유량계 계측, 양수압력 확인                                                                                            |
|        | 전력소비량     | 1개월 | 전력량계 확인                                                                                                    |
|        | 수질검사      | 3년  | 지하수 수질보전에 관한 규칙 제12조 준수<br>음.양이온, 현장측정항목(pH, EC, 온도, DO)                                                   |
|        | 사후관리      | 2년  | 지열공 세척-지하수법 제9조의 5 준수<br>(공내 퇴적물 및 불순물제거)                                                                  |
|        | 정밀관리      | 발생시 | 수질검사 결과 $Fe^{2+}$ , $Mn^{2+}$ , Ca 증가율이 5% 초과시<br>1개월간격으로 6개월간 수질 모니터링 실시<br>증가 추세가 지속될 경우 유입관 세척 및 지열공 세척 |

| 점검대상  | 점검항목    | 주기  | 점검 사항                                                |
|-------|---------|-----|------------------------------------------------------|
| 센서    | 작동여부    | 1년  | 지시값과 실제값 비교                                          |
| 전력계통  | 터미널     | 1년  | 조임 상태 체크                                             |
|       | 과열      | 1년  | 과열유무 육안 점검                                           |
|       | 오일히터    | 1년  | 오일히터 작동 유무                                           |
|       | 절연      | 1년  | 메가테스터 이용 절연측정 후 초과시 해당조치                             |
|       | 전력계통    | 1년  | 적산전력량계 점검                                            |
|       | 조작스위치   | 1개월 | 동작상태                                                 |
|       | 보조계전기   | 1개월 | 동작상태                                                 |
|       | 한시계전기   | 1개월 | 설정치에서 동작 확인                                          |
|       | 온도조절기   | 1개월 | 설정온도에 동작 확인                                          |
| 지열원펌프 | 양수압력    | 1개월 | 압력범위내 유지 유무                                          |
|       | 전압,전류   | 1년  | 기준값 이내 유지                                            |
| 순환펌프  | 누설여부    | 1년  | 패킹의 점검                                               |
|       | 스트레이너   | 6개월 | 스트레이너 막힘 점검                                          |
|       | 순환압력    | 1개월 | 압력차 유지                                               |
| 유량계   | 정확도     | 1년  | 단위시간 유량값 표기                                          |
| 압력계   | 정확도     | 6개월 | 기분 압력계와 비교                                           |
| 전자접촉기 | 안정성     | 1개월 | ON-OFF의 반복으로 소리나 스파크 발생 유무                           |
| 방진고무  | 탄성      | 1년  | 감촉으로 탄성 확인                                           |
| 실내기   | 토출온도    | 2년  | 재운전 가동 후 실내기 토출 측 열선 온도계를 사용하여 측정 또는 S-NET 프로그램으로 점검 |
|       | 운전풍속    | 2년  | 회전 상태 점검 및 진동여부 확인                                   |
|       | 팬바란스    | 2년  | 회전 상태 점검 및 진동여부 확인                                   |
|       | 팬 브레드   | 2년  | 실내 공기에 의한 미세먼지 부착 상태 확인 제거                           |
|       | 통신선 리모컨 | 2년  | 리모컨 기능 및 냉, 난방 절환 기능 이상 유무 확인                        |
|       | 드레인     | 2년  | 냉매, 드레인 배관 보온 구매 손상 여부 점검                            |
|       | 패널      | 4년  | 실내기 전원차단, 흡입그릴 제거                                    |
|       | 먼지 거름망  | 6개월 | 진공청소기로 먼지 제거후 중성세제를 사용하여 물로 세척                       |
|       | 흡입 그릴   | 6개월 | 외부상태 확인 및 얼룩, 먼지 제거                                  |
|       | 실내기 외관  | 2년  | 외부상태 확인 및 얼룩, 먼지 제거                                  |

#### 4. 특별점검

운전 중 이상 현상 발생시 신속하게 모든 시설을 정지하고 점검

- 가. 시스템 운전음이 현저히 변화한 때
- 나. 시스템 진동이 비정상적으로 커진 때
- 다. 시스템 온도나 압력이 급격히 높아진 때
- 라. 히트펌프에 서리가 급격히 생길 때
- 마. 전류치가 크게 변화한 때

#### 5. 경제적 설비 운영관리

지열 냉난방 시스템의 지속 가능한 효율유지를 위하여 정기적으로 투입되는 유지관리 비용을 검토하여 필요한 조치를 강구

| 구분   |    | 점검 항목              | 주기 | 점검내용                                   |
|------|----|--------------------|----|----------------------------------------|
| 고정비용 |    | 전력비/순환량<br>(kw/m³) | 1년 | 적산유량계 검침량 대비 전력소비량<br>변화 → 지열공 순환효율 체크 |
| 비용   | 수시 | 심정펌프 수리, 교체        | —  | 지열공 기능이상 신호 감지                         |
|      | 정기 | 지열공 세척             | —  | 지하수법에 의거 정기 사후관리 이행                    |