

누리꿈스퀘어 신축공사 지열시스템 설계사례

김 승 욱
코텍엔지니어링(주) 이사

1. 설계개요

지열시스템이 적용된 공동제작센터는 디지털 콘텐츠 생산의 전체 프로세스를 포괄하는 장비, 시설을 공동활용토록 하여 생산성과 비용절감 및 공동제작의 시너지를 극대화를 위한 건물로서 건물의 특성상 냉, 난방을 위한 에너지의사용이 타 건물에 비해 많으므로 효율적이고 에너지 절약적인 지중열원을 이용한 480 RT 급의 지열시스템의 적용사례를 소개하려 한다

2. 지열시스템의 설계방향



[그림 1] 건물조감도

3. 일반사항

3.1 건물개요

- 1) 사업명 : 누리꿈스퀘어 신축공사
- 2) 발주기관 : 한국소프트웨어진흥원(KIPA)
- 3) 위치 : 서울시 마포구 상암동 6-2번지
DMC구역내 C5블럭
- 4) 용도 : 업무시설(주용도), 교육연구시설,
전시시설, 판매 및 영업시설
- 5) 대지면적 : 19,138.00 m²
- 6) 건축면적 : 11,479.04 m²
- 7) 연면적 : 152,569.07 m²
- 8) 규모 :
IT R&D센터 지하4층, 지상16층
IT 비즈니스센터 지하4층, 지상22층
디지털과빌리온 및 공동제작센터 지상 4층
- 9) 구조 : 철골 철근콘크리트조, 철근콘크리트조

3.2 설계 및 시공회사

- 1) 건축설계 : (주)희림건축 + (주)삼우설계
- 2) 기계설계 : (주)한일엠이씨
- 3) 지열설계 : 코텍엔지니어링(주)
- 4) 시공회사 : 삼설물산(주)/ (주)한화건설/
SK건설(주)/ (주)한진중공업
- 5) 지열시공사 : 코텍엔지니어링(주)
- 6) 건설사업관리 : (주)한미파슨스/ (주)선진엔지니어링
- 7) 준공일 : 2007년 11월

3.3 지열시스템의 개요

- 1) 개요
- 2) 시스템 적용 장비사양
- 3) 지열원 히트펌프시스템 적용건물
특수촬영 스튜디오, 공동제작지원실, 교육콘텐츠개발을 위한 스튜디오, 테스트센터 등 건물의 특성상 냉, 난방 에너지 소비가 많을 것으로

구분	개요		비고
지열시스템 담당용량	냉,난방 408 RT급		
사용 열원	지열원(Ground Source)		
순환 Loop 방식	수직 밀폐형(Closed Loop Vertical Type)		
냉,난방부하	냉방부하(kcal/h)	난방부하(kcal/h)	
	1,134,717	1,051,659	
지중 열교환기	GL-200m - 112홀(30A)		
지중 열교환기 간격	일렬배치 4.0 m		
지중 열전도 테스트	각 Zone 별 테스트 실시(4홀)		
지열시스템 공사기간	2006.08~2007.11		기계실 포함
제어방식	마이크로프로세서 + PC 콘트롤 모니터링 시스템		

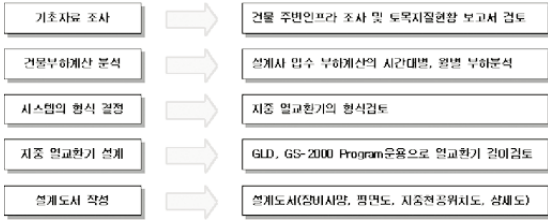
명칭	규격	형식	수량
지열히트펌프	30 RT 급	Water to Water	16대
Hose Kit	HHK160S45		32Set
지열순환펌프	1,360 lpm x 30 m	In-Line Type	5대
냉온수순환펌프	1,360 lpm x 42 m	In-Line Type	5대
팽창탱크	1,000 lit	밀폐형	1Set
지중 열교환기	150A x GL-200 m	수직밀폐형	112홀

판단되는 공동제작센터』에 적용.

4. 시스템 설계

4.1 설계 프로세스

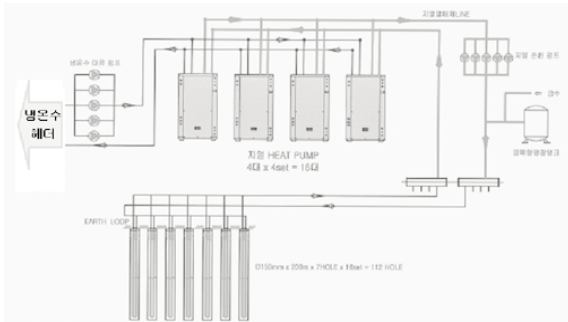
4.2 설계 주요점



4.3 시스템 흐름도

구분	주안점	관련근거
기초자료 조사	- 법규검토 공공 의무화 사업(신·재생에너지 설비 의무화) - 주변 인프라 조사 지질조사(토양의 열적 특성검토)	신재생에너지 개발 및 이용보급촉진법 제2조
건물부하 분석	- 건물의 일일 운전패턴, 연간 운전패턴 파악	
시스템 결정	- 지중 열교환기 타입, 2차 열교환 방식 (Water to Water)	
설계도서 작성	- 공사범위 협의, 향후 A/S의 용이성, 시공을 위한 도서	

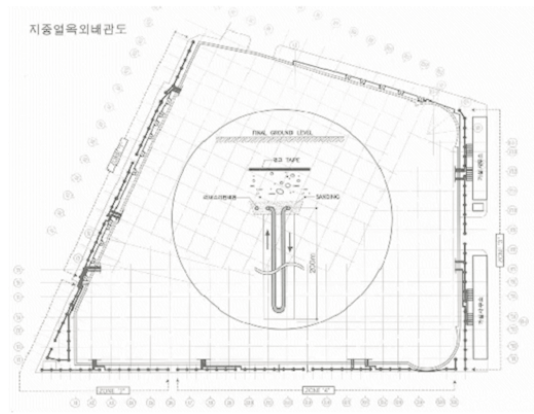
4.4 천공 배치도 및 지중 열교환기



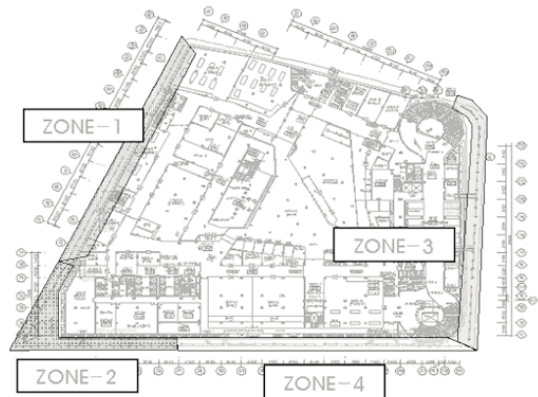
Zonning

지중열교환기의 천공배치는 건물과 인접 대지의 특성상 장방형 배치가 어려워 일렬배치를 기준으로 하였으며 전체 112홀을 7홀 16SET로 나누어 28홀을 1ZONE으로 하여 전체를 4 ZONE으로 구분하여 지중열교환기를 설치함.

천공배치도



지열 열교환기 Zonning



4.5 지중 열전도도 테스트

지중 열전도도 시험은 시험 시 발생할 수 있는 오차를 최대한 줄여 신뢰성 있는 데이터를 도출하기 위해 다음 사항을 준수하여 시행토록 한다.

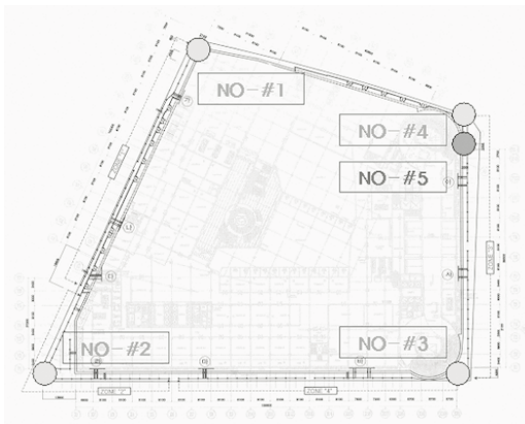
- 1) 벤토나이트 계열의 그라우팅 재료로 그라우팅 한 후, 24시간 경과 후에 시험을 시작해야 한다.
- 2) 시험용 보어 홀의 깊이는 실제 시공하고자 하는 보어 홀의 깊이와 동일해야 한다.
- 3) 홀 열 저항(파이프 및 그라우팅 재료의 열 저항)을 최소화 한 상태에서 지중 루프 열교환기 순환유체와 토양 간에 열전달이 발생하도록 주의를 기울여 시험용 보어 홀을

시공해야 한다.

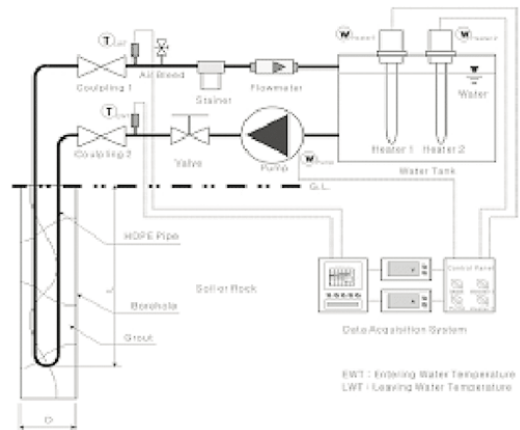
누리꿈스퀘어 현장은 지중열전도 측정장소는 4개소를 기준으로 하였으며 NO-#5은 지중의 온도측정을 위해 배관삽입 시 온도센서를 설치하여 주변 지중의 영향에 따른 온도변화를 측정하고자 함.

열전도도 계산은 지중열교환기를 하나의 직선열원(Line Source)으로 가정하여 지중열전도를 해석하는 Kelvin의 라인소스모델법을 적용하였다.

지중 열전도 측정 위치

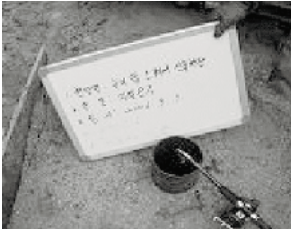


열전도도도 시험기기의 구성

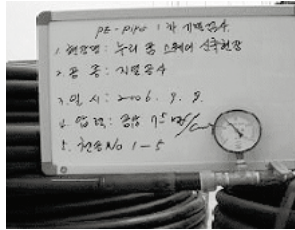


구분	NO-#1	NO-#2	NO-#3	NO-#4
기간	08.28~8.30	08.25~08.27	09.03~09.05	08.23~08.25
순환유체 평균온도				
Slop				
측정값	2.94(W/m ² °C)	3.35(W/m ² °C)	3.12(W/m ² °C)	2.95(W/m ² °C)
평균값	3.09(W/m ² °C)			

4.6 지중 열전도 테스트 시험사진



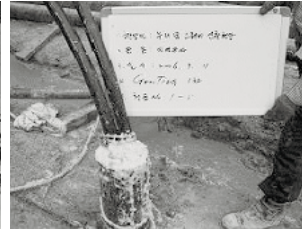
심도측정



기밀시험



파이프삽입



그라우팅



시험기 설치



시험기 점검



배관단열



유량측정

5. 지열시스템의 시공

5.1 옥외공사

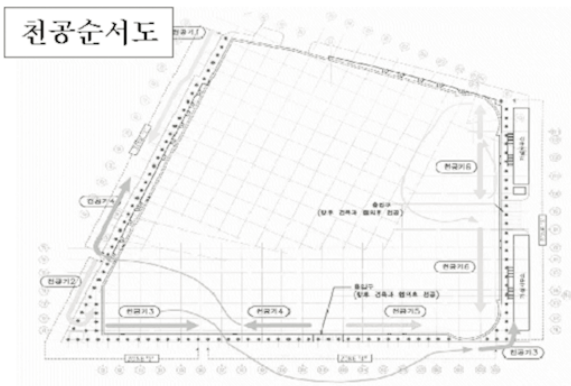
■ 천공공사

- GPS를 통해 천공위치를 정확히 확인하여 도면을 작성 후에 총 112홀을 7홀 16SET로 나누어 28홀을 1ZONE으로 하여 전체를 4 ZONE

으로 구분하여 지중 200 m 까지 수직천공.

- 천공작업 시 암반면 전(30 m)까지 표토층의 붕괴 방지를 위해 케이싱 설치.
- 천공장비는 전체 6대를 투입하여 운용
- 현장상황을 고려하여 장비운영계획 수립

■ 천공시 침전물 관리



주요 관리사항	대 책
1. 천 공 시 지 하 수 와 고 압 Compressor Air에 의한 흙과 암반의 분진이 혼합된 침전물 발생	-침전조를 설치하여 배수 -지하수가 많은 경우 다단계 침전조를 설치하여 배수처리
2. 고인 침전물 처리	-침전조에 침전물 및 침전 배수로에 침전물이 초과하였을 시 수분제거후 외부 반출
3. 암진 및 천공시 실린더 윤활유 처리 (고압의 Air와 암반이 충돌하여 재가 발생하여 분출되고 작업시 실린더의 윤활유를 주입 후 잉여분 분출)	- 흡유 Sheet를 배수로 및 침전로에 설치하여 주기적으로 교환처리 (흡유 Sheet는 별도 폐기물 처리)

■ 지중 열교환기 설치 전 기밀테스트

- 지중열교환기용 PE PIPE의 손상여부를 점검하기 위해 사전에 기밀테스트(약 7.5 kg/cm² 이상)를 통해 점검
- PE PIPE 입고 시 육안검사 및 규격체크 후
- U-BEND 시공 후 기밀테스트
- PIPE 삽입 후 기밀테스트



■ 지중 열교환기 설치

지중 열교환기 사양

- 재 질 : 고밀도 폴리에틸렌 (HDPE)
- 직 경 : 30A
- 길 이 : 205 m x 2 Roll (U-bend 제작)

■ 그라우팅 (Grouting)

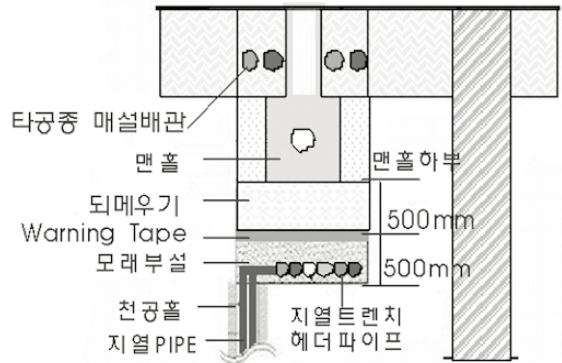
그라우팅은 표층수 등으로부터 오염된 물이 지하수층으로 흘러 들어가 오염되는 것을 방지하고 지열교환기와 지중과의 열전달 율을 향상시켜 가용 열용량을 향상시 을 목적으로 한다.

- 벤토나이트 (Volclay Grout) 그라우팅 재료사용
- Bottom to Top 방식시공

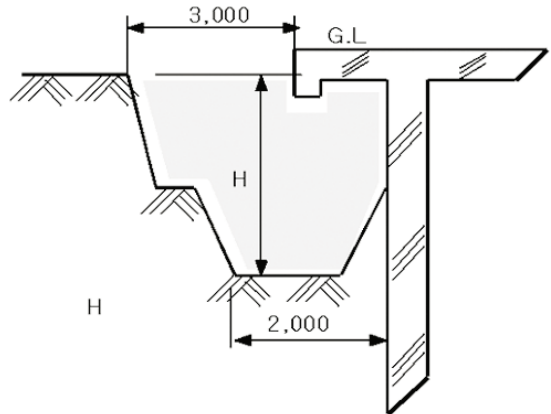
■ 트렌치배관 작업

- 7홀 4SET를 1개 ZONE으로 지중열교환기의 지중 배관 연결
- 지중 3.0 m~4.2 m깊이에서 연결 (토목 오, 배수로 관로 하부에 매립설치)
- 각 지점 별 터파기 계획 수립 후 시공

트렌치 배관 단면 상세도



터파기 단면 상세도

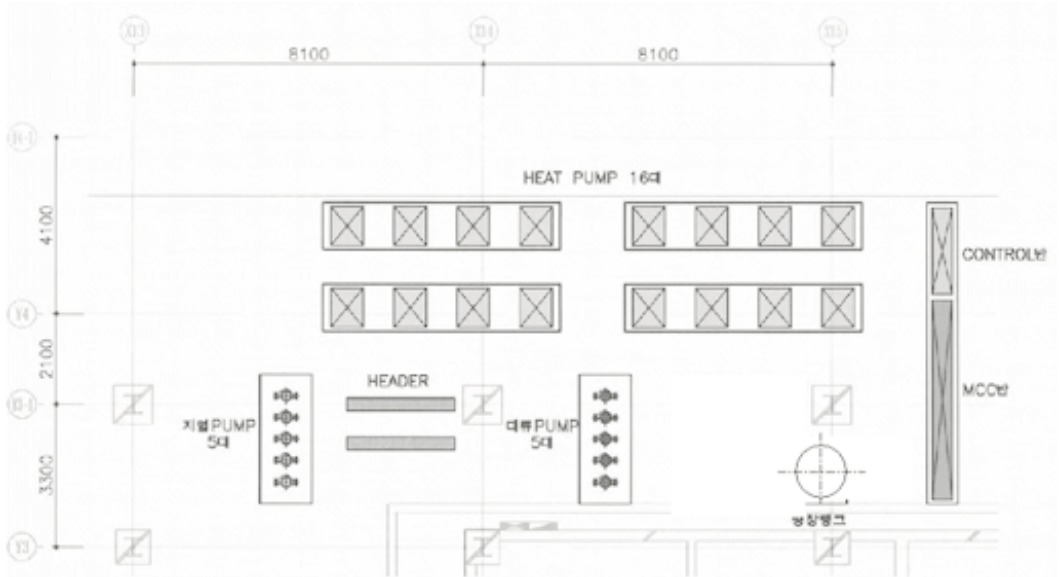


5.2 옥내공사

■ 장비설치

- 30 RT급 지열히트펌프 16대 (총 480 RT급) 설치
- 순환펌프류 및 탱크류 설치
- 지열시스템 자동제어 판넬 설치

트렌치 배관 단면 상세도



■ 플러싱과 퍼징

- 플러싱 (flushing)

파이프를 연결하는 과정에서 파이프 내부에 남아있을 수 있는 이물질 등을 제거하기 위하여 깨끗한 물을 고속으로 순환시켜 파이프 내부를 세척한다.

- 퍼징 (purging)

깨끗한 물을 고속으로 순환시켜 파이프 내부에 존재할 수 있는 공기 등을 제거해야 한다. 부동액 순환펌프나 지중 열교환기 파이프 내부에 공기가 존재하게 되면, 캐비테이션 (cavitation)이 발생할 수 있으므로, 이를 방지하기 위하여 플러싱 유닛을 이용하여 시스템에 압력을 가한다.

6. 자동제어

6.1 공사범위

자동제어 공사범위는 시스템이 기능을 수행하는데 필요로 하는 감지기류, 제어기기류, 밸브류, 현장 제어장치의 공급, 운반, 취부 및 설치 공사로

다음과 같다.

- 1) 감지기류, 제어기기류 및 현장제어장치의 취부 및 결선, 그리고 이에 필요한 자재공급 및 시공
- 2) 제어반(panel)의 설치 및 운영에 필요한 제어기기의 공급 및 기자재 공급, 시공
- 3) 공급 기자재의 검사, 시운전 및 조정

6.2 시스템 개요

지열자동제어 시스템은 지열시스템을 자동으로 제어하기 위하여 현장제어장치로부터 전송된 데이터의 감시, 분석 및 제어 등을 목적으로 한다.

■ 중앙관제장치 사양

- 1) 기본 기능
 - ① 상태 경보 감시 (Digital Point Monitoring)
 - ② 상태 조작 (Digital Control Point)
 - ③ 아나로그 포인트 또는 디지털 (Analog, Digital Point Monitoring)포인트 감시
 - ④ 스케줄 (Schedule) 관리
 - ⑤ 연동 제어 (Interlocking)

■ 중앙제어항목

- 1) 지열시스템 제어반에서 지열 히트펌프를 기동/정지한다
 히트펌프가 운전되기 전에 지열 순환펌프와 냉,온수 대류펌프의 순으로 순차기동.
 - 하절기 : 버퍼탱크 내 냉수(적정온도 7℃)를 유지한다
 - 동절기 : 버퍼탱크 내 온수(적정온도 45℃)를 유지한다
- 2) 지열시스템 제어반에서 지열 히트펌프의 냉,난방 절환 한다.
- 3) 온도검출을 위한 적정한 위치에 설치된 온도 검출기(PTD)의 검출온도에 의해 지열 히트펌프의 운전을 대수제어 한다.
- 4) 지열순환펌프 및 냉,온수 순환펌프 제어
 - a. 지열순환펌프 및 냉,온수 순환펌프 기동정지 제어 제어반의 신호나 조절기의 time schedule에 의해 지열펌프 및 냉, 온수순환 펌프를 기동/정지 제어한다.
 - b. 냉,온수 순환펌프의 대수 및 유량제어 지열히트펌프의 대수와 비례하여 냉,온수 대류펌프의 대수 및 유량제어 한다.
 - c. 지열순환펌프의 대수 및 유량제어 지열히트펌프의 대수와 비례하여 지열순환 펌프의 대수 및 유량제어 한다

■ 중앙감시항목

- 1) 지열히트펌프의 기동/정지상태 및 이상경보감시
- 2) 냉, 온수배관의 온도감시
- 3) 지열순환펌프 및 냉,온수 순환펌프의 기동/정지 상태감시
- 4) 지열공급 및 환수헤더측의 온도감시

7.유지관리 운전비 예상 절감액

8.맺음말

유가상승이라는 말로는 표현하기 힘든 유가 폭등이 계속되고 있는 현시점에 범 정부적인 차원에서 에너지 절약 및 신재생에너지 개발에 관한 활발한 연구가 진행 되고 있으며 그에 따른 관련 기술의 적용 및 보급이 활발해 지고 있다.

이상과 같이 누리꿈스퀘어의 지열시스템은 공동제작센터라는 특수용도의 건물전체를 담당하도록 설계 되었으며 당 프로젝트의 중요한 의미는 다음과 같다.

- 1) 현 국내최대용량(480 RT급)의 단일 건물의 전체 냉, 난방에 적용.
- 2) 일반건물에 비해 열 부하가 많은 건물에 적용하므로 에너지 절약적인 건물지향.
- 3) 화석연료 사용의 자제로 매연 등 산화물을 발생하지 않아 대체에너지로서의 가능성제시

구 분	지열시스템	지역 냉난방
공조부하 에너지원	지열시스템 : 480RT급	
	전기:일반용 전력(을) 고압A	업무용 냉온수
에너지 단가	기본요금 : 5,480원/kW	냉수:3,822원/Mcal 온수:371.18원/Mcal
사용요금	하절기(7~8월):88.7원/kW 중간기(4~6,9월):66.0원/kW 동절기(10~3월):75.3원/kW	온수단일요금:74.51원/Mcal 냉수(7~8월):100원/Mcal 기타(7~8월 제외):56.74원/Mcal
정격에너지 소비량	냉방시:376.0 kW 난방시:571.2 kW	냉방시:1,208.6Mcal 난방시:1,209.6Mcal
예상사용요금	117,392,647원 (차액 106,766,810원)	224,159,457원

- 4) 지열시스템에 대한 지속적인 홍보와 수요창출기대.
- 5) 유지관리비가 낮아 장기간 사용에 따른 경제적인 효과창출 기대.

향후 누리꿈 스퀘어의 완공으로 국내 최첨단의 IT산업의 메카로서 세계시장에 중심적 역할에 기대한다. 