

# 저에너지 친환경건축물에서의 지열냉난방시스템 적용사례

김 용 경, 백 성 권, 임 성 군  
코오롱건설(주) 기술연구소

## 1. 머리말

최근 저탄소 녹색성장 기술의 신성장 동력화 및 IT등의 융합기술과 녹색기술 등을 중심으로 건설 산업의 패러다임이 변화하고 있다. 이러한 변화에 따른 건물에너지 효율화 및 쾌적성, 건강성 등의 사회적 요구의 증대로 친환경건축의 필요성이 증대되고 있으며, 그린홈 100만호 정책 등의 시행에 따라 건설업체 차원의 기술개발이 적극적으로 이루어지고 있다.

코오롱건설 기술연구소는 2004년 10월에 에너지 저소비형 친환경 연구소를 건립하여 50% 이상의 에너지를 절감하고 있으며 특히 지열히트펌프시스템, 건물외장형 태양광시스템, 이중외피시스템 등 다양한 친환경건축 요소기술이 적용되어 있다.

<표 1> 코오롱건설 기술연구소의 건축개요

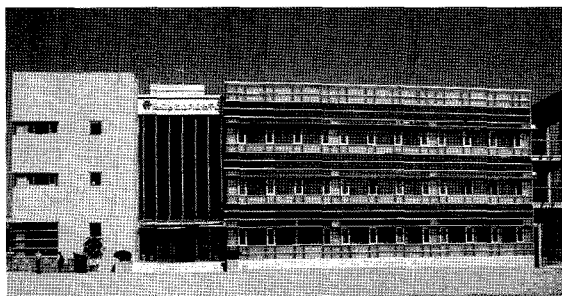
구 분	내 용
대지위치	경기도 용인시 포곡면 전대리
공사기간	2004.01 ~ 2004.10
건축규모	지하 1층, 지상 3층 (철근콘크리트+철골구조)
건축면적	605.87㎡ (183.27평)
연 면 적	2,053.20㎡ (621.09평)
외부마감	태양광모듈(BIPV), 시멘트패널, 이중외피 등
특 징	에너지 저소비형 친환경 연구시설

본 고에서는 저에너지 친환경 건축기술이 적용된 코오롱건설 기술연구소의 지열냉난방시스템을 소개하고자 한다.

## 2. 친환경건축물로서의 코오롱건설 기술 연구소

### 2.1 건축 개요

코오롱건설 기술연구소는 지열히트펌프시스템, 건물외장형 태양광시스템, 이중외피시스템, 광선반 및 옥상녹화 등 다양한 친환경건축 요소기술 등을 적용하여 2005년 1월에 업무용 건축물로서는 최초로 친환경건축물 최우수 인증(인증점수 91.2점)을 받았다. 코오롱건설 기술연구소의 건축개요는 표 1과 같으며, 그림 1에 연구소의 전경을 나타냈다.



[그림 1] 코오롱건설 기술연구소의 전경

## 2.2 기술연구소에 적용된 주요 그린빌딩 기술

### 2.2.1 지열냉난방시스템

적용된 지열냉난방시스템은 업무용 건물에 적합한 설계를 하였으며, 냉난방설비인 히트펌프를 천정매립형으로 선정하여 기계실 공간을 줄이고 각 공조존별로 냉난방제어가 가능하도록 하였다. 그리고 냉방부하가 난방부하보다 큰 업무용 건물의 특성을 반영하여 냉방부하의 일부를 냉각탑이 분담할 수 있도록 지중열교환기+냉각탑 하이브리드 열원방식을 적용하였으며, 다음 장에서 구체적으로 설명하기로 한다.

### 2.2.2 건물외장형 태양광시스템(BIPV)

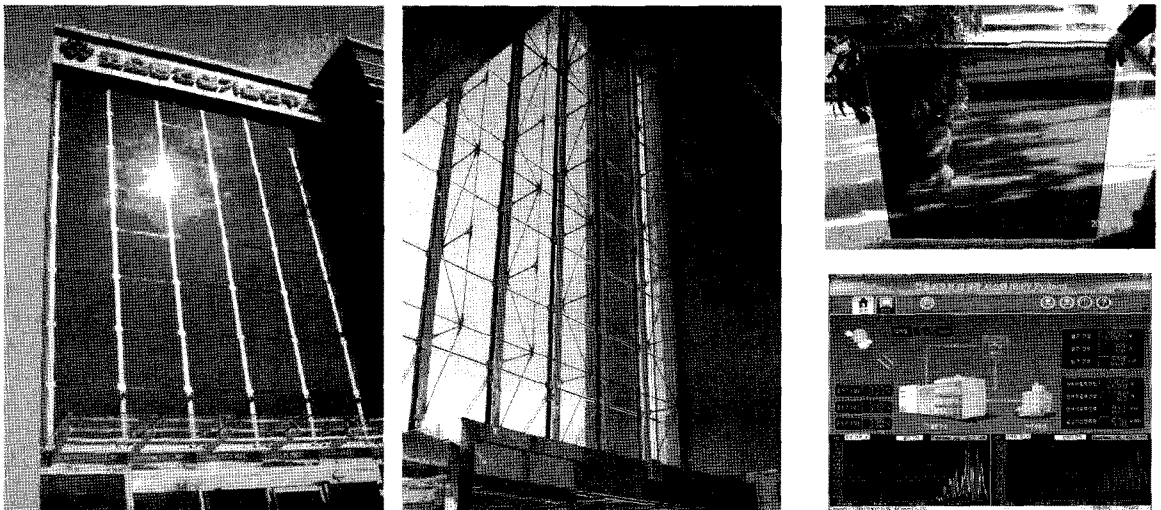
국내 최초로 업무용 건물에 설치된 건물외장형 태양광시스템(BIPV : Building Integrated Photovoltaics)으로 아몰퍼스(비결정형)형 태양광모듈(태양전지판)이 건물외피를 구성한다. 전력생산과 건물외피의 기능이 가능하며 설비비용을 줄일 수 있다.

적용된 BIPV시스템은 태양전지에서 생산된 전기를 한전계통에 연결해서 사용하는 계통연계형 방식이며, 그 사양을 표 2에 나타냈다.

또한, 설치위치 및 시공방법, 지지 프레임, 기타 건물 외벽 마감재와의 조화 등을 검토하여 그림 2와 같이 건축물 동남향에 BIPV시스템을 설치하여 유리 대체용으로 사용된 태양광발전 모듈의 건물 적용가능성 및 발전량을 지속적으로 검토하고 있다.

<표 2> 건물외장형 태양광시스템의 사양

구분	내용	비고
시스템 용량	2.2kWp	형광등 120개
태양광모듈 type	아몰퍼스(비결정형) 모듈	건축자재형 태양광모듈로 개발
프레임	SPG프레임	
설치 소요면적	45m <sup>2</sup>	
시스템 종류	생산된 전기를 한전계통에 공급하는 계통연계형 시스템	2.5kW 계통연계장치 사용



[그림 2] 건물외장형 태양광발전시스템(BIPV) 설치사례

**2.2.3 친환경외피시스템(이중외피, 광선반, 가동형 외부차양)**

적용된 친환경 외피시스템은 내부형 이중외피시스템(double skin), 가동형 외부차양(sun blade), 광선반(light shelf)의 조합으로 이루어져 있으며 개별제어가 용이한 내부형 이중외피(박스형 타입으로 층별, 존별로 구분)타입으로 상부에는 자연채광을 위한 광선반 시스템이 적용되어 있다. 내부형 이중외피시스템은 설치비용이 적고 블레이드타입의 가동형 차양을 적용하여 단열효과를 극대화시켰으며 설치된 친환경 이중외피시스템은 그림 3과 같다.

**2.2.4 친환경 외부공간(옥상녹화, 생태연못, 개질아스팔트 등)**

적용된 옥상녹화 기술은 20cm 정도의 얇은 토심으로 구성하여 생명력이 강한 지피식물 위주로 조성하였다. 옥상녹화는 거주자의 휴게공간의 역

할과 옥상 단열효과를 기대할 수 있으며, 외벽 단열 효과 및 어메니티를 위하여 벽면녹화 기술도 적용하였다.

또한, 연구소 진입구에 지하수와 빗물을 재이용한 생태연못 및 외부 녹화공간을 조성하였으며, 그림 4에 친환경 외부공간의 모습을 나타냈다.

**3. 코오롱건설 기술연구소에 적용된 지열냉난방시스템**

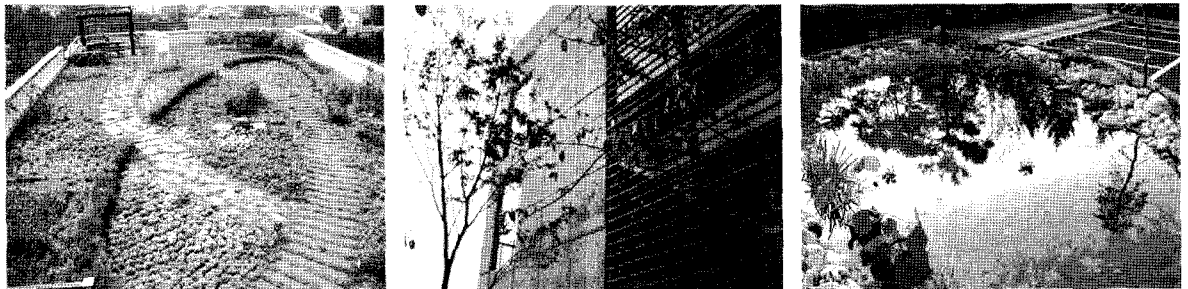
**3.1 개요**

친환경건축물을 계획하면서 주요 고려사항은 신재생에너지 기술의 적용이었으며, 업무용 건물에서 냉난방에너지 소비의 비중이 크므로 그것을 절감할 수 있는 지열냉난방시스템의 적용이 검토되었다.

지열냉난방시스템의 적용사례 및 효과를 분석하고 시스템의 요소기술을 확보하기 위해 연구에



[그림 3] 내부형 이중외피시스템 및 가동형 외부차양



[그림 4] 친환경 외부공간

착수하였으며, 해외 전문기관을 통해 설계 및 시공교육을 받았다.

또한 산업자원부에서 지원하는 대체에너지 실증 연구사업에 참여하여 기술연구소를 대상으로 지열냉난방시스템을 실증 적용하게 되었다.

지열냉난방시스템은 연중 15℃ 정도인 지중열을 난방이나 냉방에 활용하는 기술로 지열냉난방에서는 지중열교환기를 이용하여 지중에 열을 방출하거나 흡수하게 된다.

지열냉난방시스템과 기존의 냉난방시스템은 상당히 유사하여 기존 냉난방방식이 냉각탑+냉온수기 + 공조기로 구성된 것에 비해 지열냉난방시스템은 지중열교환기 + 히트펌프 + 공조기로

구성되며, 전체시스템 중 지중열교환기에서 차이가 있는데 지중열교환기는 다양한 종류가 있으나 일반적으로 수직형 지중열교환기가 주로 사용된다.

신재생에너지 기술 중에서도 지열냉난방시스템은 적용하기가 쉽고, 많은 국내외 적용사례가 있고 초기투자비 대비 효과가 우수한 방식이다.

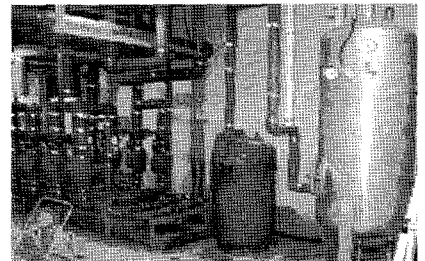
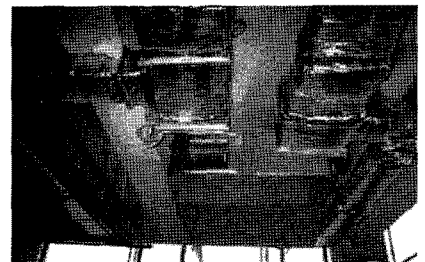
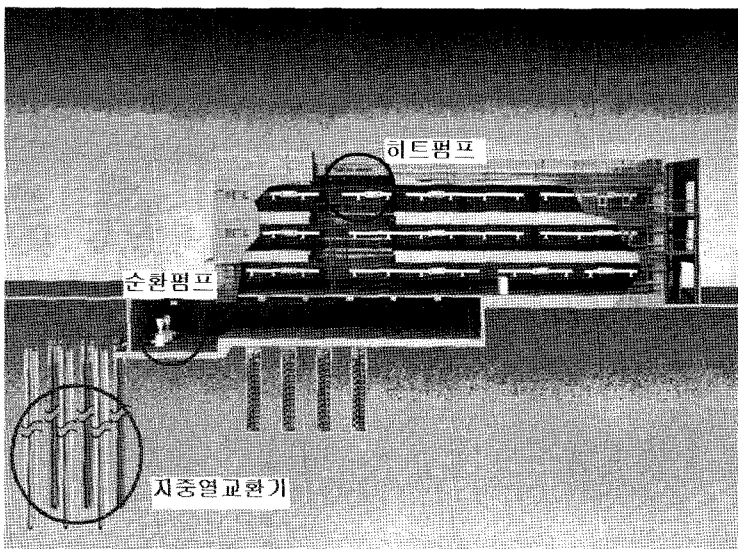
### 3.2 적용내용

적용된 지열냉난방시스템은 별도의 보조 냉난방 설비없이 100% 지열히트펌프시스템을 설치하여 2004년 10월 준공 이후 지속적으로 운전을 하고 있으며 그 효율을 모니터링하고 있다. 또한 당사에서 개발한 국산신기술인 말뚝형 지중열 교환기를 일부 적용하여 건물의 냉난방을 담당하고 있다.

지중열 교환기는 건물 외부공간에 설치하고, 지중열 교환기의 배관계통은 지하 기계실의 순환펌프에 연결되어 각 층의 천정에 설치된 히트펌프에 공급되는 시스템이다. 히트펌프는 덕트와 연결되어 공기방식으로 냉난방이 이루어지며, 지열냉난방시스템의 개요는 표 3 및 그림 5와 같고, 그림 6은 시공과정을 나타낸다.

<표 3> 지열냉난방시스템 개요

구분	내용
설비용량	냉난방 및 급탕용: 총 51RT(100% 담당)
설비구성	열원방식: 지중열교환기, 공조방식: 덕트 냉온풍
지열교환기	수직형 : 200m 6공, 말뚝형 : 4m 4본
히트펌프	냉난방용: 11대(천정설치형, 50RT) 급탕용(기계실설치형, 1.5RT) 1대
자동제어	각실별 운전제어 및 DDC방식



[그림 5] 지열냉난방시스템의 개념도 및 적용설비

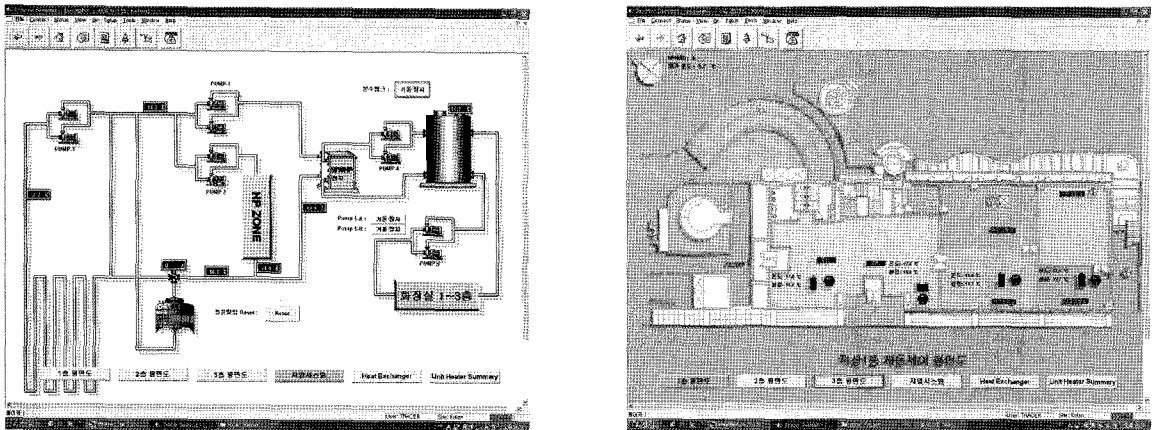
### 3.3 효과분석

운전기간 동안(2004년 12월 2일 ~ 2005년 7월 1일) 적용된 지열냉난방시스템의 측정결과를 대표일(2005년 2월 1일)을 중심으로 1일 냉난방 성능을 분석하였으며, 시스템의 자동제어 및 측정 화면을 그림 7에 나타낸다.

난방기간의 측정결과를 분석하면 그림 8 (a)와 같이 지중 열교환기가 지중에서 흡수하는 열량 (heat extraction rate) 및 히트펌프의 열교환기 (증발기) 입·출구에서 부동액의 온도 변화를 보여주고 있다. 성능측정에서 지중 열교환기의 일일 평균 열 흡수율은 3.27 kW이었으며, 이 때 증발



[그림 6] 지열냉난방시스템의 시공과정



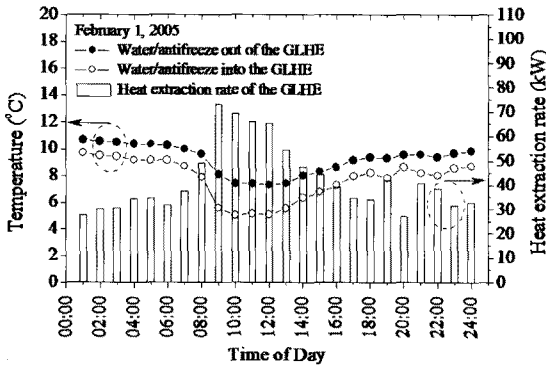
[그림 7] 지열냉난방시스템의 자동제어 및 측정화면

기 입구와 출구에서 부동액의 온도는 평균 8.2°C와 4.1°C로 4.1°C의 온도 차이를 보였다.

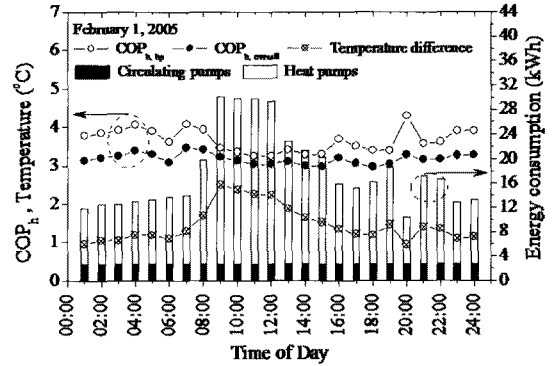
그림 8 (b)와 같이 난방기간 동안 일별 난방 성능계수는 3.17에서 3.75의 범위에 있었으며, 평균 3.46의 값을 나타내었다. 대표일의 1일 평균 난방 성능계수는 3.32로 계산되었다.

동일하게 적용된 시스템의 1일 냉방성능을 분석하기 위해 대표일인 2005년 6월 30일에 측정된 데이터를 이용하였다. 그림 9 (a)은 지중 열교환기 입/출구 온도 및 열교환 성능의 일일 변화를 보여주고 있으며, 그림 9 (b)는 지중 열교환기 입

/출구 온도차 및 시스템 냉방 성능계수의 일일 변화를 나타낸다. 지중 열교환기 입구와 출구에서 부동액의 평균 온도 차이는 2.4°C를 보이고 있으며, 적용된 시스템의 지중 열교환기는 1일 평균 54 kW의 에너지를 지중으로 방출하는 것으로 계산되었다. 냉방기간 중 대표일의 시스템 1일 평균 냉방성능계수는 4.23의 값을 나타냈다. 또한 전체 냉방기간(2005년 6월 20일 ~ 2005년 7월 1일) 동안 일별 냉방 성능계수는 3.96에서 4.53의 범위에 있었으며, 평균 4.23의 값을 나타내었다.

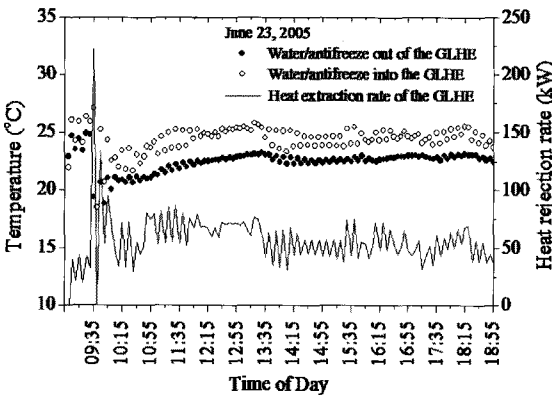


(a) 동절기 열교환 성능 특성

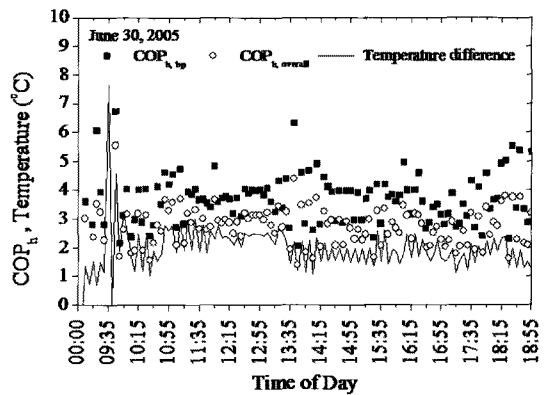


(b) 동절기 난방 COP 분석결과

[그림 8] 지열냉난방시스템의 동절기 성능분석 결과



(a) 하절기 열교환 성능 특성



(b) 하절기 냉방 COP 분석결과

[그림 9] 지열냉난방시스템의 하절기 성능분석 결과

#### 4. 맺음말

본 고에서는 저에너지 친환경건축기술이 적용된 코오롱건설 기술연구소를 소개하고 지열냉난방시스템의 적용사례를 소개하였다.

국내의 기후조건, 에너지 비용 등 여러 사항을 고려하면 지열냉난방시스템의 적용성은 우수하

며 안정적인 신재생에너지로서 저탄소 녹색성장을 선도할 기술이다.

향후 지열 냉난방시스템의 보급 활성화를 위해 적용된 시스템의 지속적인 운전을 통해 에너지 절감효과의 검증, 운전의 용이성, 시스템의 안정성, 재실자의 쾌적성 등 다양한 측면에서 검토가 이루어져야 할 것이다. 