



지열을 이용한 친환경 건축기술 적용사례

■ 손 원 득 / 삼신설계(주) 부설연구소 삼신에너지환경연구원, sonwt@ssei.co.kr

토양축열형 난방시스템과 지열을 이용한 공조용 외기부하저감시스템을 중심으로

머리말

국내에서는 지열을 활용한 친환경건축기술로 지열원 히트펌프 방식이 많이 적용되고 있다. 해외에서는 지열원 히트펌프 이외 다양한 방식으로 지열을 이용하고 있으며, 이에 관한 연구 활동도 활발히 진행 중에 있다. 여기에서는 토양축열 및 지열을 이용한 공조용 외기부하 저감시스템에 관한 실제 건물 적용사례를 소개하고자 한다.

일반적으로 재실자의 건강 등을 유지하기 위해서는 실내에 신선한 외기를 도입할 필요가 있으나 하절기 및 동절기 모두 외기를 설정실온으로 가열 및 냉각하기 위해서는 많은 에너지를 필요로 한다. 이러한 에너지를 절약하기 위해서는 연간 거의 일정한 온도를 유지하는 토양과 온도 변동폭이 큰 외기를 열교환하는 것이 가능하다면 외기부하처리용 에너지를 대폭 절감할 수 있다.

이러한 효과가 기대되는 외기부하저감시스템으로 지중에 파이프를 매설하는 쿨앤히트튜브시스템(Cool & Heat Tube System)과 지하피트 또는 공동구를 이용하는 어스튜브시스템(Earth Tube System)이 있다. 이러한 원리의 이용은 고대 이집트시대부터 그 예를 찾아 볼 수 있으나, 연구대상으로 주목받기 시작한 것은 1990년부터이다. 지금까지 쿨앤히트튜브시스템과 같이 지중에 파이프를 매설하는 방식은 실험주택 및 농업용 시설에 많이 채용되었으나 어스튜브와 같이 건물 지하피트를 이용하는 방식은 공기도입통로의 복잡성, 매립깊이의 제한, 피트 상부의 실조건의 영향 등으로 그 성능예측이 매우 어려워 실용화는 물론 그 설계수법 및 에너지 절약성에 관한 연구와 도입사례가 많지 않았던 것이 현실이다.

지하축열 개요

토양의 특성 및 지하축열의 정의

토양은 대기와 주기적인 축열과 방열을 반복한다. 그러나 무한에 가까운 토양의 열용량에 의한 토양 온도는 외기에 비해 온도 변동폭이 작으며, 일정깊이 이상에서는 연평균 외기온도가 일정하게 유지되므로, 동절기에는 온열원으로, 하절기에는 냉열원으로 지열을 이용할 수 있다. 축열이라는 관점에서 지반의 기본적인 열특성을 아래에 나열하였다.

- 1) 토양은 그 지역의 연평균온도를 유지하며 매우 안정되고 우수한 열원이다.
- 2) 토양은 무한에 가까운 열용량을 갖고 있으므로, 축열능력이 크다.
- 3) 토양은 주위토양 또는 자상으로 열을 발산하는 확산성을 가지고 있다.
- 4) 토양의 열전도성은 좋지 않다.
- 5) 토양은 열특성이 토양의 종류, 함수율, 지하수 등의 상태에 영향을 받으므로, 장소에 따라 변동한다.

토양축열은 지중축열의 한 방법으로 지중축열, 지반축열 또는 토양축열 등으로 불려진다. 지하축열(Underground Thermal Energy Storage, UTES)은 자연에너지, 배열, 미활용에너지 등을 지반, 토양, 지하수층 등의 지하에 열저장하는 것을 통칭하는 것이다. 이축열의 형태는 큰 열용량을 가진 토양을 축열체로 이용하기 때문에 시간적, 공간적 스케일이 커지는 경향이 있다.

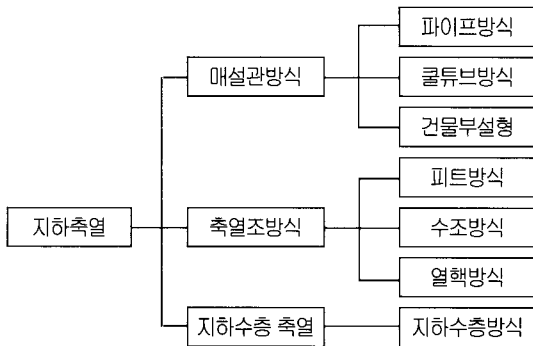
지하축열에는 여러 가지 방법이 있으나, 일반적으로는 지하수층에 축열을 하는 지하수층축열(Aquifer Thermal Energy Storage, ATES)과 지중 또는 지반에 축열을 하는 토양축열이 있다. 해외에서는 지중에 매설하는 형태로부터 보아홀축열(Borehole Thermal Energy Storage, BTES), 덕트축열(Duct Thermal Energy Storage, DETS) 및 동

굴축열(Cavern Thermal Energy Storage, CTES)등으로 분류한다. 일본에서는 매설관축열, 지하수층축열, 피트축열(Pit Thermal Energy Storage) 또는 지하탱크축열, 열핵축열 등으로 불려진다.

토양의 특성 및 지하축열의 정의

지중축열시스템은 지중축열 시스템, 미활용에너지 등의 열원시스템, 히트펌프 등의 열회수 시스템의 3개 시스템으로 되며, 시스템의 조합에 의해 다양한 형태로 활용할 수 있다. 크게는 토양과 매설물간의 열교환을 위해 지중에 파이프 등을 매설하는 방식, 지하수를 이용하는 지하수층 축열방식 및 수조와 피트 등을 매설하는 축열조방식으로 구분된다.

매설관방식에는 매설관내에 브라인 또는 물이 순환하는 파이프방식과 공기가 순환하는 튜브방식이 있다. 후자를 쿨튜브 또는 히트튜브로 불려진다. 또한 지하층 하부의 공간 또는 말뚝을 이용하여 축열하는 방식이 있으며, 건물부설형이라고 한다. 단 매설관방식은 암반에 구멍을 굴삭하거나 점토 또는 모래 등의 토양을 굴삭하므로 보아홀방식



[그림 1] 토양의 특성 및 지하축열의 정의

또는 덕트방식으로 불려지기도 한다. 또한 축열조 방식에는 피트방식, 수조방식, 축열조와 잡석(또는 공기)를 조합한 열핵방식 등이 있다. 매설관축열은 밀폐형시스템, 지하수층축열은 개방형으로 구분된다.

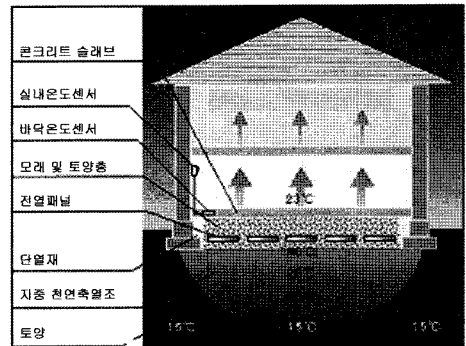
전열패널에 의한 토양축열형 바닥난방시스템

시스템 개요

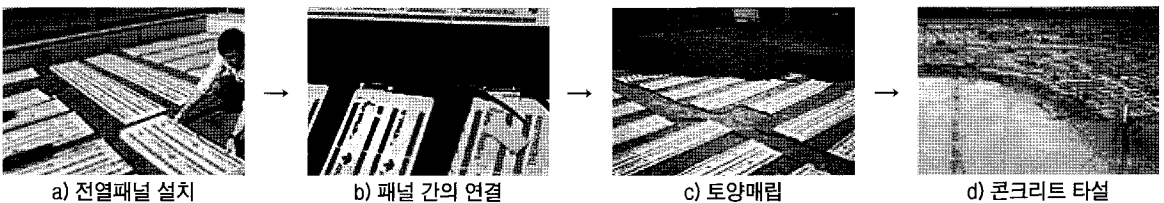
본 시스템은 바닥슬래브 밑에 전열패널을 매설하여, 야간에 값싼 심야전기를 이용하고, 전열패널에서 방출되는 열을 슬래브 하부 토양에 축열시킨 후, 주간에 방열하여 난방하는 방식이다. 전열패널의 매설깊이는 지하 2 ~ 3 m 정도이고 이 전열패널을 이용해 토양에 축열을 하면 그림 2에 나타난 바와 같이 역돔형태의 토양 천연 축열조가 생성된다.

구조 및 시공방법

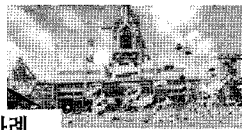
시공은 비교적 간단하여, 건축물의 바닥 하부 약



[그림 2] 전열패널에 의한 토양축열형 바닥난방시스템



[그림 3] 전열패널의 구조 및 시공방법



3 m 깊이에 전열패널을 설치 후 연결한다. 패널의 연결 후 지표면 높이까지 토양을 매립하고 콘크리트를 타설하는 것으로 시공이 완료된다.

시스템의 제어는 콘크리트 내부에 바닥 온도센서를 매립하여, 실내에 설치되어 있는 온도센서로 제어한다. 주택의 경우 바닥 슬래브 온도는 28 ~ 30℃로 설정하는 것이 일반적이며, 바닥 표면온도는 약 24℃, 천장이나 벽 등의 온도는 약 22℃, 실온은 약 20℃ 정도를 유지한다. 필요에 따라 바닥온도를 임의로 변화할 수도 있다.

초기투자비 및 운전비용(표 1, 2)

실측결과

대상건물은 일본 삿포로시의 2층 주택(1층 바닥 면적: 70 m², 연면적:116 m²)이다. 패널(출력, 크기, 매수 : 320 W, 457 × 133 × 20 mm, 26장, 282 W, 457 × 760 × 20 mm, 7장)은 바닥슬래브(두께

:150 mm) 하부 3 m 깊이에 매설되어있다. 건물 기초 외주부는 75 mm FP판으로 깊이 820 mm까지 단열처리하였다. 시스템은 1998년 12월 8일부터 축열하여 1999년 4월 27일 정지하였으며, 1999년 9월 22일 축열을 재개하였다. 축열운전시간은 23:00 ~ 07:00까지이며, 바닥 하부에 설치되어있는 온도센서에 의해 바닥슬래브 내의 설정온도 28℃를 기준으로 ON/OFF제어된다.

실측기간 외기온도가 -5 ~ 25℃까지 변화하는 동안, 실내온도는 20 ~ 25℃를 유지하였으며, 건물북측에 드레스룸은 거실보다 1 ~ 2℃ 낮게 나타났으나 온도추이는 거의 동일하게 나타났다. 실측기간동안 열량은 전열패널에서 10,515 kWh의 방열이 이뤄졌으며, 실내로 전달된 열량은 7,372 kWh, 열손실은 1,873 kWh, 토양의 잔류 축열량은 406 kWh로 토양방열에 의해 실내로 전달된 열량은 70% 정도이며, 30% 정도의 열손실이 있는 것으로 나타났다.

<표 1> 부재/시공비용 및 운전비용

부재비	축열장치	0원(토양을 축열조로 이용)
	발열부재(제어반포함)	약 13만원/m ²
시공비	약 2만원/m ²	
운전비	약 1,800 ~ 2,000원/m ² /월	

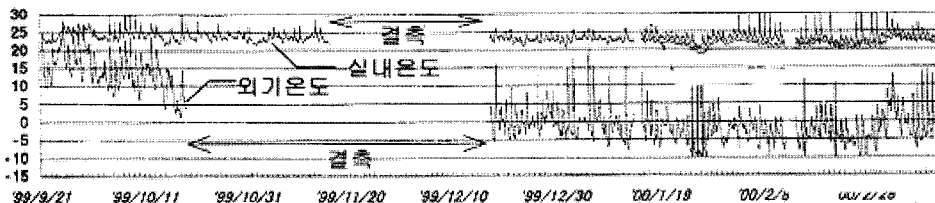
적용가능성

단독주택과 같이 층고가 높지 않은 건물에 적용한다면, 심야전력을 이용한 바닥난방시스템으로 유효하게 활용될 것이다. 일본의 경우 심야전력계약에 의한 값싼 전력비의 적용은 동절기에도 유효하나, 국내의 경우 하절기만 적용되므로 운전비용적인 측면은 불리한 면도 없지 않다.

<표 2> 바닥난방 코스트 비교표

구분	본시스템	전기축열식(축열재사용)	전기비축열식(일반전기식)	등유온수식
초기투자비[m ² 당]	150,000원	30 ~ 40만원	18 ~ 25만원	15 ~ 23만원
운전비[월 · m ² 당]	약 2,000원	약 3,000원	약 9,500원	약 3,000원

일본 동경지역을 대상으로 난방부하 58 W/m²에 대해 24시간 운전을 기준으로 함.



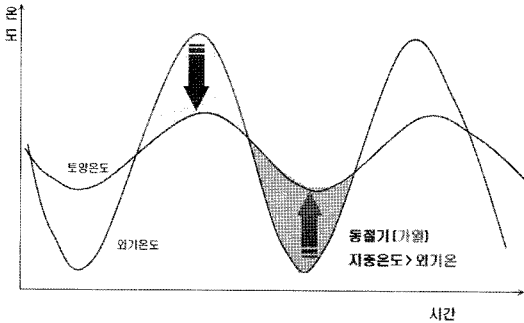
[그림 4] 1999년 9월 ~ 2000년 3월의 실내 및 외기온도변화

지하피트를 이용한 공조용 외기부하저감 시스템

시스템 개요

이 시스템은 그림 5에 나타낸 바와 같이 토양과 외기의 열용량 차에 의해 발생하는 계절별 온도차를 이용하여 외기의 냉각 및 가열열원으로 지중열을 이용하는 시스템이다. 이러한 시스템은 도입의기와 토양의 열교환을 위해 지중에 외기도입용 배관을 매립하는 방식, 콘크리트 덕트를 설치하는 방식, 공동구를 이용하는 방식, 지하피트를 이용하는 방식 등 다양한 방법이 활용되고 있다.

여기에서는 지하피트를 이용하는 방식(이하 어스 튜브시스템 : Earth Tube System)이 적용된 일본 아이치켄 소재의 청소년 공원 내의 대형 아동복지센터의 사례를 소개하고자 한다. 이 건물은 관리동

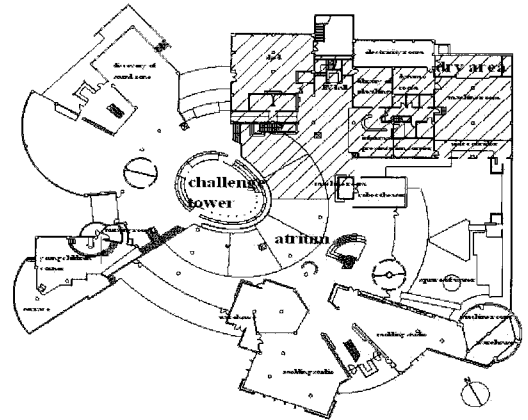


[그림 5] 지열을 이용한 공조용 외기부하저감시스템의 개요

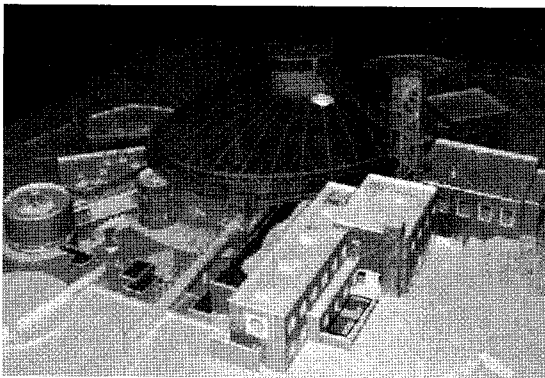
지하의 피트를 이용하여 외기 도입 후, 지중열과 열교환을 통해 하절기에는 냉각/제습, 동절기에는 가열/가습하여 실내의 벤치 하부와 바닥하부에서 취출하는 방식으로 외기부하를 저감하는 시스템이다. 이렇게 도입된 외기는 자연의 시원한 바람의 효과를 주어, 인공적으로 냉각시킨 공조바람으로 인한 위화감을 주지 않는 장점을 가지고 있다.

건물 및 설비개요

그림 6에 대상건물의 1층 평면도, 그림 7에 외관 전경, 그림 8에 플레이아트리움 내부전경, 그림 9, 10에 동측과 서측의 외기도입구, 그림 11, 12에 지하피트 내부, 그림 13, 14에 취출구, 그림



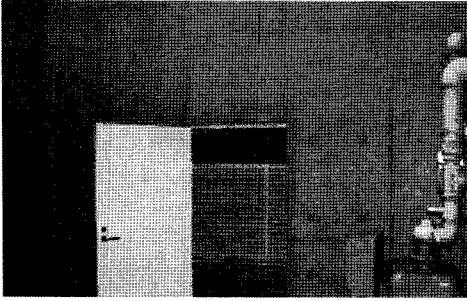
[그림 6] 일본 아이치켄(愛知縣) 아동종합센터의 1층 평면도



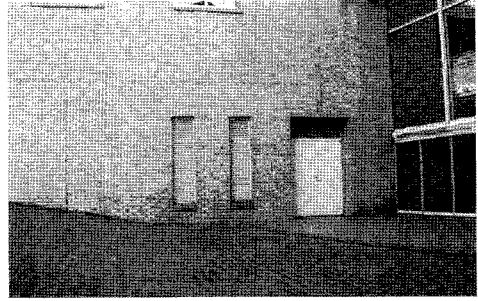
[그림 7] 아동종합센터의 외관



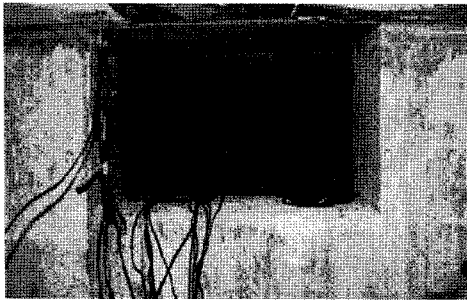
[그림 8] 플레이아트리움 내부



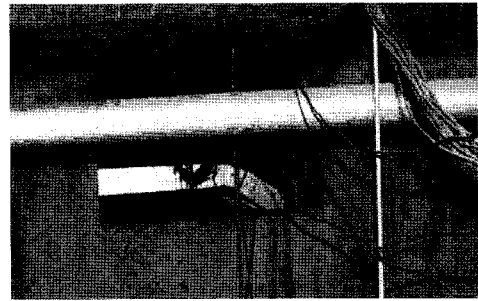
[그림 9] 동측 외기도입구



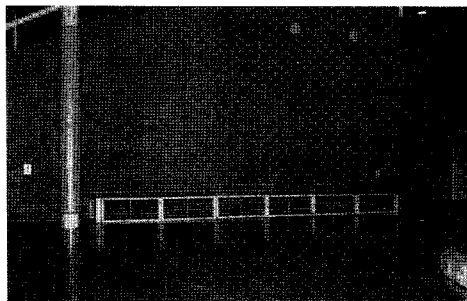
[그림 10] 서측 외기도입구



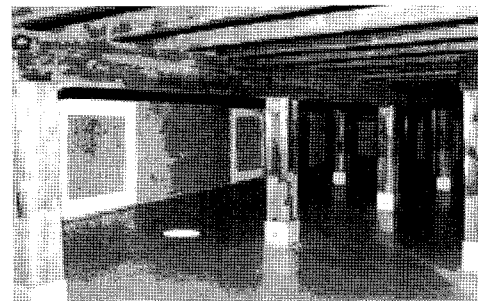
[그림 11] 지하피트 내부1



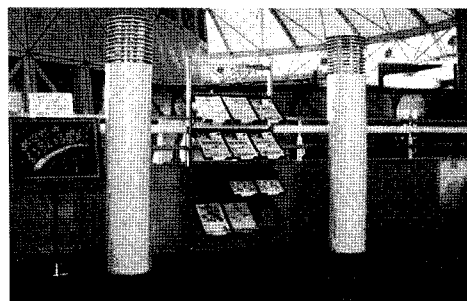
[그림 12] 지하피트 내부2



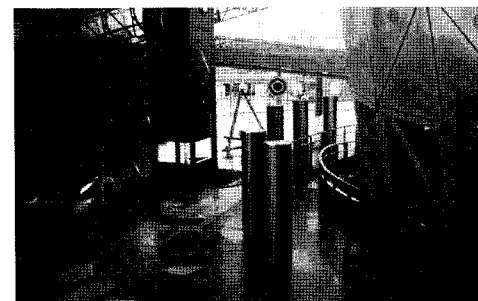
[그림 13] 벤치 밑 취출구



[그림 14] 바닥 밑 취출구



[그림 15] 실내 SPOT 공조1



[그림 16] 실내 SPOT 공조2

15, 16에 SPOT 공조식 취출구를 각각 나타내었다. 표 3에는 건물의 개요, 표 4는 설비개요, 표 5는 공조설비의 개요를 나타냈으며, 표 6에는 환기설비를 나타내었다.

어스튜브 시스템의 개요

어스튜브 주변의 건물 평면 개념도를 그림 17에 나타내었다. 외기 도입구는 동측과 서측 2개소가

있으며, 아트리움 지하피트 환기구 및 벤치 밑 취출구를 향해 취출구 부근 송풍팬에 의해 피트 내에 외기가 도입될 수 있는 구조로 되어있다.(피트내부는 부압: 제3종 환기). 피트간의 벽은 두께 30 cm 정도이지만, 외기유입 경로가 되는 벽에 약 40 ~ 85 cm의 직사각형 개구부가 3 ~ 4개소 만들어져 공기 이동이 가능하다. 개구부가 설치된 피트 내의 높이는 장소에 따라 차이는 있으나 약 1.4 m 정도이다.

송풍팬은 4개 설치되어 있으며, 기기 사양은 표 7에 나타낸 바와 같이 대당 4,000 CMH의 능력을 가진 팬이 설치되었다. 팬의 제어는 표 7에 나타내었

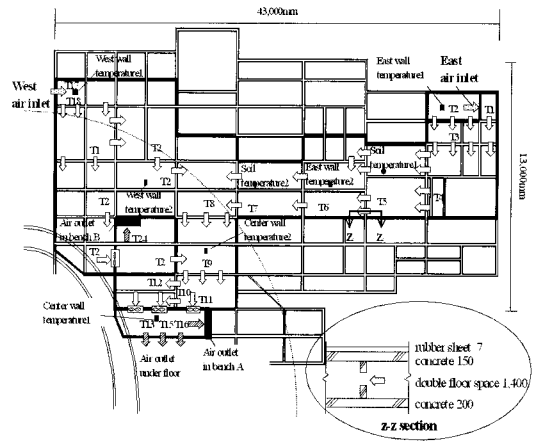
<표 3> 건물 개요

건물명칭	愛知縣아동종합센터(Aichi Children's Center)
건물위치	愛知縣長久手町大字熊張字1 553-1
지역 및 지구	시가화 조정구역, 건폐율 70%, 용적률 400%
사용용도	아동복지시설
층수	지상 3층, RC조(일부 S조)
건축면적	4,673.946 m ²
연면적	7,600.962 m ²

<표 4> 열원설비 개요

가스직화식 2중 효용 냉온수 발생기
(140 USRT × 2대, 50 USRT × 1대)

1차측	정유량
2차측	사무실, 연구실계통, 펌프 인버터제어에 의한 변유량 방식
	기타계통, 펌프 대수제어에 의한 변유량 방식



[그림 17] 지하피트 개념도

<표 5> 공조설비 개요

전시실, 사무실, 회의실, 연습실, 접수	정풍량 단일덕트 방식 시스템 공조기
플레이 아트리움	정풍량 단일덕트 방식 시스템 및 유닛형 공조기 FCU에 의한 SPOT공조
레스토랑, 연구실, 자료실	지하피트를 통한 외기냉방 : 어스튜브시스템
중앙감시실, 주방, 주방탈의실	FCU에 의한 개별공조+환기시스템 EHP에 의한 개별공조

<표 6> 환기설비 개요(송풍기 4대, 배풍기 48대, 유인팬 10대)

제1종환기	기계실, 전기실, 발전기실, 소화펌프실, 주방
제2종환기	화장실, 창고, 놀이기구실, 요리실, 탕비실, 락커실, EV샤프트
유인 팬유닛	플레이아트리움 철골 내에 설치된 유인 팬유닛
바닥난방설비	유아도서관너 전기식 연상발열체 시설



다. 원칙적으로는 하기에 25℃ 이상, 동기에 10℃ 이하에서 팬이 운전되도록 제어되고 있으며, 아동센터의 휴관일 및 야간은 운전하지 않는다. 특히 지하피트 환기구 직전 3대의 팬에는 셔터가 장착되어 팬이 정지하면 팬의 전방에 있는 셔터가 닫히는 구조로 되어있어, 팬의 정지시에는 지하피트 환

기구와 외기는 차단된다. 벤치 하부에는 바닥 슬래브에 $\varnothing 15$ cm의 구멍이 각 벤치에 10개씩 설치되어 있다.

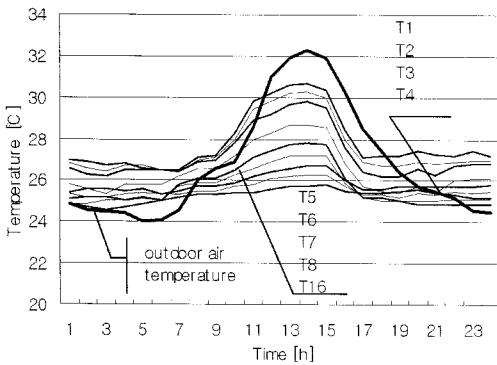
실측결과

실측은 1998년 8월 9일부터 현재까지 계속해서 측정되고 있으며, 여기에서는 1999년 ~ 2001년까지의 3년간의 결과를 소개하고자 한다.

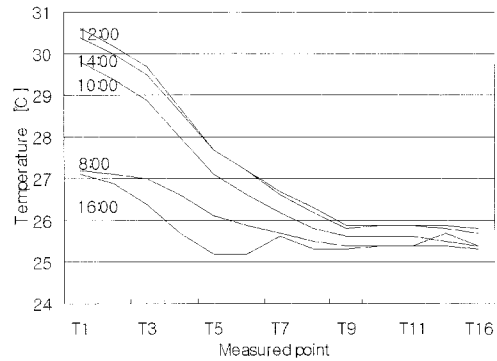
그림 18에는 3개의 경로 중, 가장 긴 경로(50 m)인 A경로의 하기 대표일(최고온도 발생일)의 피트 내 공기온도 일변화를 나타내었고, 그림 19에는 공조 시간대의 각 시간별 입구에서 출구까지의 공기온도 변화를 나타내었다. 그림 18에 나타낸 바와 같이 비공조 시간대의 피트 내 온도분포는 2℃ 정도로 비교적 그 온도 폭이 작았으나 팬의 운전시

<표 7> 어스튜브 시스템 개요

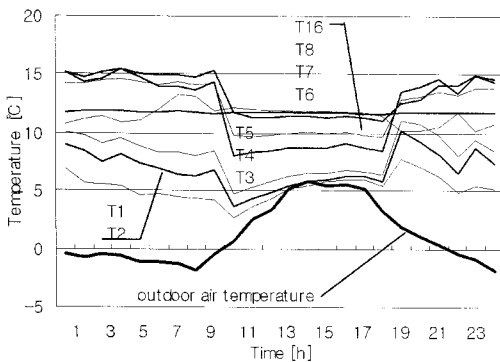
기기 사양	
급기용 송풍팬	4000CMH × 5 mmAq, 0.4 kW
운전대수	1996년 하절기 4대, 1996년 동절기 이후 2대
제어방법	
운전시간	8 ~ 17시 (휴관일 제외)
설정외기온	하절기 : 25℃ 이상에서 ON 동절기 : 10℃ 이하에서 ON



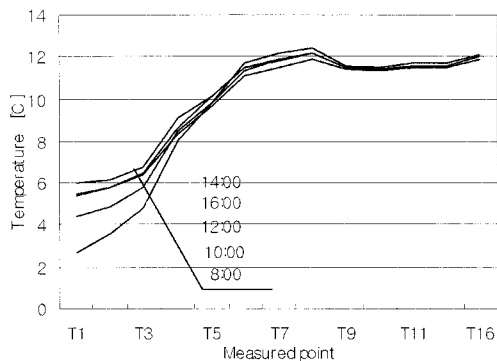
[그림 18] 하절기 도입외기의 시간대별 온도변화



[그림 19] 하절기 도입외기의 길이별 온도변화



[그림 20] 동절기 도입외기의 시간대별 온도변화

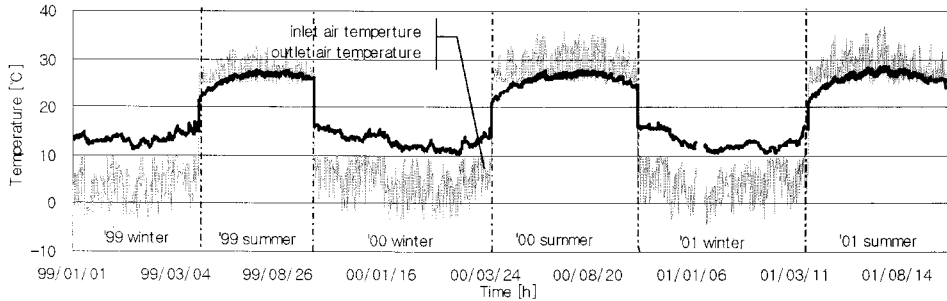


[그림 21] 동절기 도입외기의 길이별 온도변화

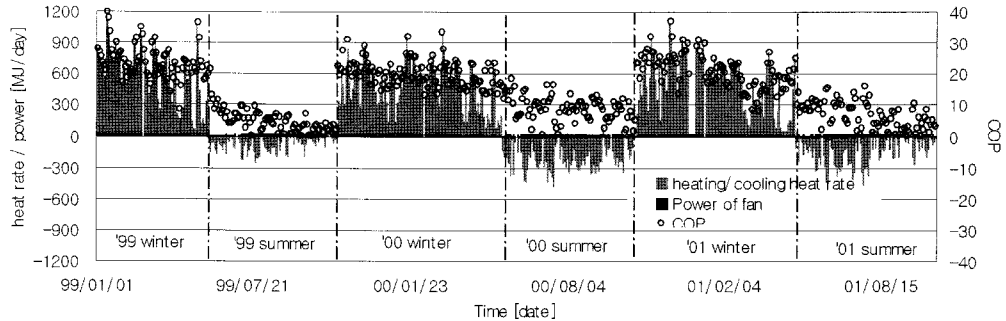
작전과 정지 후, 약간의 온도상승 경향이 나타났다. 이것은 당일 피트 내에서의 외기 냉각효과에 따른 것으로 판단된다. 또한 그림 19에 표시한 것처럼 취출구 부근의 T8, T9지점의 공기온도는 하루 동안 거의 변화가 없었다. 그 원인은 하기의 A계통 도입 외기가 입구에서 T8 지점까지 도달하는 동안 충분한열교환이 이루어졌거나 또는 T8 지점

에서 B, C계통과의 공기혼합이 이루어진 것이 원인으로 추측되어진다.

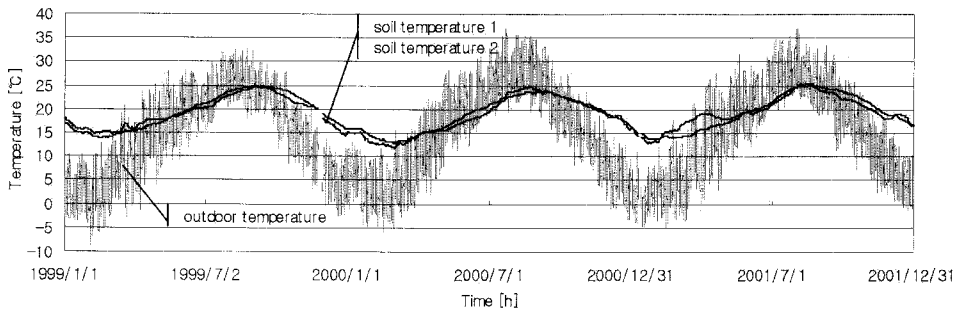
그림 20에는 A계통 동기 대표일(최저온도 발생일)의 피트 내 공기온도 일변화를 나타내었고, 그림 21에는 각 공조 시간대별 입구에서 출구까지의 온도 변화를 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 비공조 시간대의 피트 내 온도변화 폭은 10℃ 정도



[그림 22] 도입외기의 어스투브시스템 출입구의 온도변화



[그림 23] 본시스템의 의한 취득열량 및 성능계수의 변화



[그림 24] 외기온도 및 지중온도변화

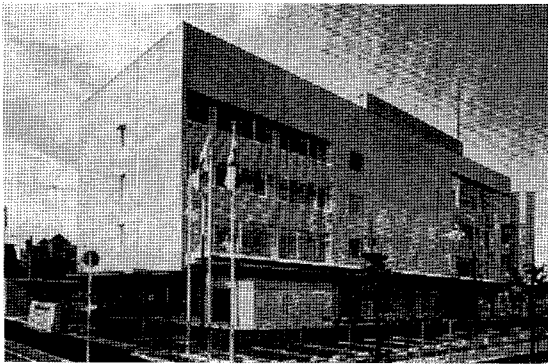


로 하기보다 상당히 큰 것으로 나타났다. 이것은 동기의 피트 내 평균온도와 외기온도의 차가 하기에 비해 증가하여 동기의 열교환량이 증가한 것으로 분석된다. 한편 오후 외기온이 6℃ 정도로 상당히 낮음에도 불구하고, 공조 시간대의 취출구 공기온도는 12℃ 정도로 대체로 일정했다.

그림 22에는 외기도입용 팬의 운전 시 피트 출입구 온도와 그 온도차의 연변화를 나타내었다. 단 취출구 온도는 각 계통의 평균값을 사용하였다. 그림 22에 나타난 바와 같이 하기의 취출구 공기온도는 조금씩 상승하며, 동기의 취출구 공기온도는 조금씩 하강하는 경향을 나타냈으나, 각 기간 동안 거의 일정한 외기공기의 냉각 및 가열이 이루어지고 있음을 확인 할 수 있었다. 또한 하기, 동기의 출입구 기간평균 온도차는 각각 약5℃, 7℃로 나타났다.

그림 23에는 도입외기의 냉각 및 가열량과 성능계수(COP = 냉각 및 가열량/팬의 소비전력)의 연변화를 나타내었다. 하기의 기간적산 냉각열량은 41.1 GJ, 동기의 기간적산 가열열량은 159.6 GJ로 나타났으며, 3년간의 평균 COP는 약 15로 나타났다.

그림 24에는 실측기간 내의 외기온도와 지중온도(피트로부터 1 m)를 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 지중온도는 3년간의 실측기간 동안 거의 일정한 온도변화를 나타내었다. 이것은 본 시스템의 운전에 의해 발생하는 동기와 하기의 열량 차가 주변 토양에 미치는 영향이 작다는 것을 의미하며, 주변토양은 본 시스템의 운전에 대해 충분한



[그림 25] 건강복지센터 전경

열용량을 가지고 있기 때문에 연간 안정된 운전이 이루어지고 있다고 판단된다.

적용가능성

위에서 소개한 어스투브 시스템이 적용된 아동센터의 경우, 지하피트의 원래 설치목적은 지진에 대비한 내진구조체로의 역할이다. 이러한 목적으로 설치된 구조체를 외기도입용 경로로 활용하여 외기부하저감시스템으로서 유효하게 활용한 사례이지만, 국내의 경우는 이 같은 규모의 지하피트 설치가 불필요한 경우가 대부분일 것이다. 그러나 국내에서도 기계용 배관이나 냉온수 배관, 전선관 등의 통과 목적으로 지하피트를 설치하는 경우가 있으며, 또한 공동구 등을 유효하게 활용한다면 국내에도 적용 가능성이 높을 것으로 사료된다.

매설관 방식의 공조용 외기부하저감시스템의 적용사례

시스템 개요

본 시스템은 앞에서 소개한 어스투브시스템과 운전원리는 동일하나 지중열과의 열교환을 위해 외기도입용 배관을 지중에 매설하여 외기를 냉각 또는 가열하는 시스템이다(이하 쿨앤히트튜브시스템 : Cool & Heat Tube System).

건물개요 및 특징

쿨앤히트튜브시스템이 적용된 일본 아이치켄 소재 오히리아사이시 건강복지센터는 시민의 보건 예방정책, 건강 및 복지서비스에 대응하기 위해 건설되었다. 이 건물에는 다양한 자연에너지 이용시

<표 8> 건물개요

소재지	일본 아이치켄 오히리아사이시
구조	철골조, 4층
건물명	건강복지센터
착공일	2000년 6월 20일
준공일	2001년 8월 31일
건물면적	약 1,320 m ²
연면적	약 4,240 m ²

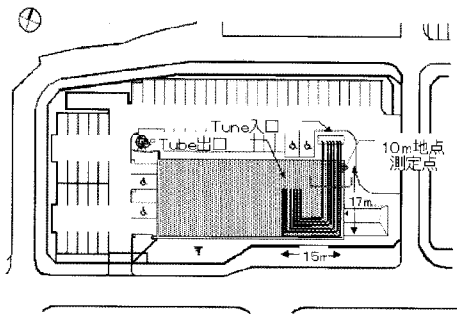
스텝(우수 이용, 우물물열원이용, 태양열발전, 쿨 앤히트튜브)이 도입되었다.

쿨앤히트튜브시스템의 개요

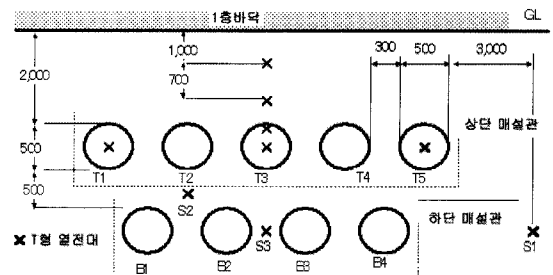
그림 27에 나타난 바와 같이 건물하부 지하 3 m 지점에 외기도입용 매설관이 하단에 4개, 상단에 5 개가 매립되어 있으며, 표 9에 나타난 바와 같이 매설관의 평균 길이는 40 m이며, 튜브내 최대풍속

은 2.5 m/s로 최대 도입 풍량은 약 16,000 CMH로 계획되었다.

그림 32에 나타난 바와 같이 외조기 급기팬에 의해 매설관을 통과해 도입된 외기는 건물내 OA덕트를 거쳐 각 층의 외조기에 각각 공급된다. 이는 실내에 설치되어 있는 급기스위치(13개)의 ON/OFF에 의해 작동되며, 실내 부하량에 따라 쿨앤히트튜브의 풍량은 변화한다.



[그림 26] 건물배치도



[그림 27] 쿨앤히트튜브 배치 단면도(외기도입구로부터 10 m)

<표 9> 쿨앤히트튜브 길이 및 사양

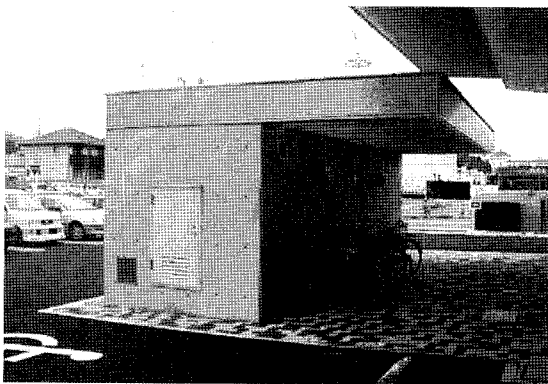
튜브번호	T1	T2	T3	T4	T5	B1	B2	B3	B4
튜브길이	34.0 m	37.0 m	40.0 m	43.0 m	46.0 m	35.5 m	38.5 m	41.5 m	44.5 m

※ 튜브의 사양

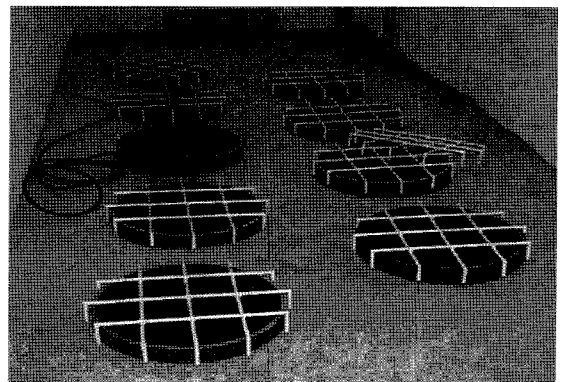
재질 : 염화비닐관, 직경 : 500 mm, 두께 : 4 mm

튜브내 풍속 : 최대 2.57 m/s

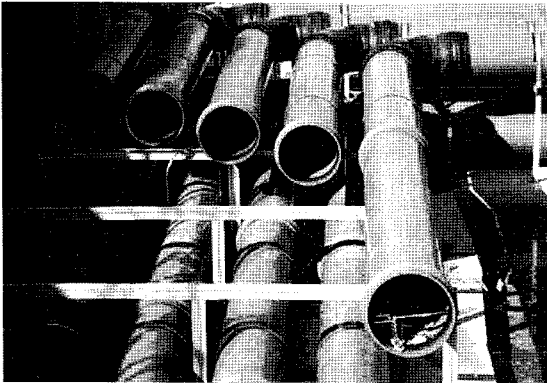
튜브1개당 평균압력손실 : 최대 약 0.93 mmAq



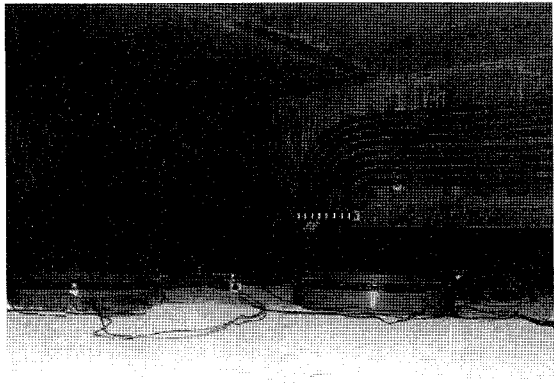
[그림 28] 외기도입용 건물



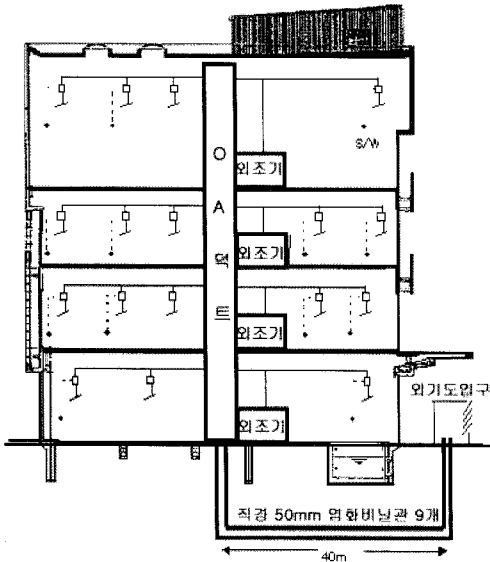
[그림 29] 외기도입구



[그림 30] 지하 매설관



[그림 31] OA덕트내 외기출구



[그림 32] 공조 계통도

실측결과

동절기 1월 4일 부터 2월 28일까지 매설관 내 공기온도, 매설관 표면온도 및 토양온도를 측정된 결과, 도입외기 입출구의 온도차는 최대 7.6℃이고, 평균 온도차는 2.3℃로 나타났다. 취득열량은 최대 12.4 Mcal/h이며, 평균 4.2 Mcal/h로 실측기간동

안 평균 실내 온도를 기준으로 외기부하는 약 15% 저감되는 것으로 나타났다.

적용가능성

본 시스템의 경우 필요외기도입량에 따라 매설관 개수를 산정하여 필요로 하는 열량을 취득할 수 있다는 장점이 있으나, 매설관 설치를 위한 초기투자비가 많이 소요되는 단점이 있다. 용적률이 높은 건물에서 매설관의 매립이 여유가 없는 경우 다수의 매설관을 2단 배치 적용하여 외기와 지중열의 열교환량을 증가시킬 수 있는 방식으로 업무용 시설 등에 적용이 가능할 것으로 사료된다.

맺음말

신재생에너지 중 지열인증시스템은 지열원 히트 펌프로 일원화되어있는 것이 국내의 실정이다. 외국의 경우 다양한 지열활용 기술이 적용되고 있으며, 이 분야의 연구 활동도 활발히 진행되고 있다. 국내에도 앞에서 소개한 토양을 천연 축열조로 이용한 난방시스템이 있으나, 외기와 지열의 직접 열교환에 의한 외기냉방 또는 외기부하 저감시스템과 같은 다양한 시스템의 적용을 보다 적극적으로 도입하기 위해 정부의 제도 개선과 기술개발이 활발히 진행되어야 할 것이다. (㉔)