

# 친환경건축물에서 지중열원을 이용한 에너지절감 설계기법

민준기

(주)삼우종합건축사사무소 부소장

## 1. 서론

친환경건축물에서 요구되는 기본적인 목표는 지속가능한 개발로서 인간과 자연이 서로 친화하며 공생할 수 있어야 한다. 또한, 에너지와 자원절약 등을 통하여 환경오염부하를 최소화하여 쾌적하고 건강한 주거환경을 실현하는 것이다.

그중에서도 에너지와 자원 절감방안으로 적용되는 요소기술은 패시브디자인과 액티브디자인으로 구분된다. 패시브디자인 요소기술은 고기밀 & 고단열시스템, 이중외피시스템, 자연환기 & 하이브리드시스템, 옥상 & 벽면녹화, 자연채광 및 Earth tube 등이 있다. 또한, 액티브디자인 요소기술은 우선 기계설비적인 것으로 바닥공조시스템, 복사냉난방시스템, 폐열회수형환기, 빙축열시스템, 열병합시스템, 우수 & 중수시스템, 태양열시스템, 지열히트펌프시스템 및 바이오에너지 등이 있으며, 전기설비적인 것은 태양광발전시스템, 연료전지시스템, 풍력발전시스템, LED조명시스템 및 빌딩에너지절감시스템 등이 있다.

지중열원을 이용하는 방식은 지중관이나 지중구조체를 이용하여 외기의 온도를 계절 변화에 대응하여 지중의 일정한 온도 또는 열원을 이용하여 동절기에는 예열효과를 여름철에는 예냉효과를 건물의 환기에 적용하여 에너지를 절감하는 패시브시스템이다. 본문에서는 지중열원을 이용

한 설계사례를 통하여 에너지절감을 동절기와 하절기를 구분하여 에너지 환경 시뮬레이션 시스템을 사용하여 냉난방의 최대부하 그리고 총에너지 사용량을 분석하였다.

## 2. Earth Pit

### 2.1 개요

피트의 지중열을 이용한 지중열교환 방식을 일종의 얼스피트(또는 쿨튜브)시스템이라고 한다. 얼스피트시스템은 지중의 매립된 개체로 외기가 유입되는 과정을 통해 지중과 열교환을 하여 여름철에는 예냉을 겨울철에는 예열을 하므로써 건물의 열원 시스템으로 계획하여 에너지를 절감하는 자연에너지 또는 신재생에너지 열원이다. 지중열에 대한 효율성을 향상 시키고자 열적미로란 불리는 지중 구조물을 설치하고 이를 통하여 외기를 유입하여 열교환 면적을 최대한 높여 외기온도를 여름철에는 낮게 하여 급기하고, 겨울철에는 높여 급기하여 건물에너지를 절감하는 시스템이다.

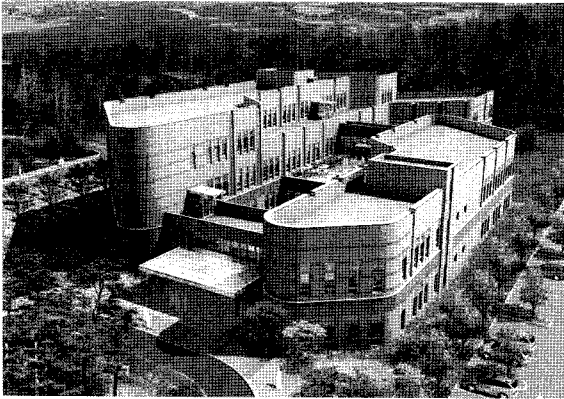
### 2.2 Earth Pit 설계

#### 2.2.1 건축 개요

본 연구 대상의 건물은 환경부에서 충청남도 서천군 마서면에 건립을 추진 중인 국립생태원 생태연구센터이며 그림 1과 표 1의 내용과 같다.

2.2.2 Earth Pit 설계 적용

국립생태원 생태연구센터의 Earth Pit 설계는 저층부 급기를 지중 Pit를 활용하므로써 예열 및 예냉의 효과를 통하여 에너지를 절감하였으며 그림 2, 3와 표 2와 같다.



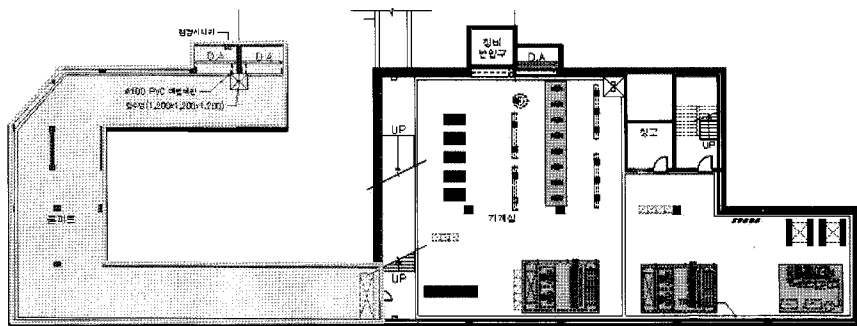
[그림 1] 국립생태원 생태연구센터의 조감도

<표 1> 국립생태원 생태연구센터의 건축 개요

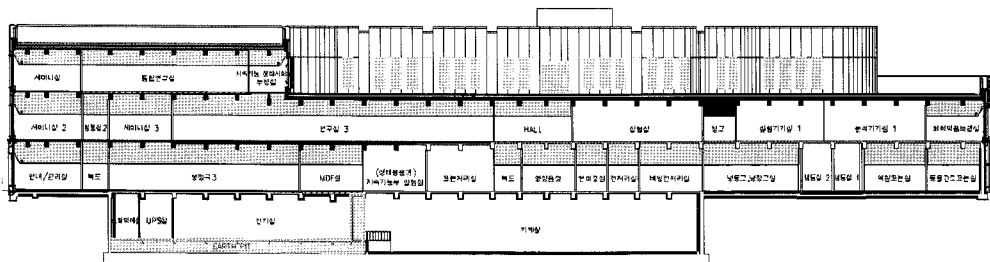
구분	내용
대지위치	충청남도 서천군 마서면
건축규모	지하 1층, 지상 3층(철근콘크리트조)
건축면적	3,442.71m <sup>2</sup>
연면적	8,483.69m <sup>2</sup>
외부마감	고단열 + 2중유리 + 외부전동차양
친환경설비 시스템	지열히트펌프, 펠릿보일러, 태양열급탕시스템, 중수시스템 외
특징	패시브디자인형 친환경 연구센터

<표 2> 국립생태원 생태연구센터의 Earth Pit 사양

구분	내용	비고
설치 위치	생태연구센터 지하 1층	지중깊이 5m
재질	철근콘크리트	
길이	66m	
높이 & 폭	1×5.6m	
열교환면적	370m <sup>2</sup>	
용도	급기용	예열/예냉



[그림 2] 국립생태원 생태연구센터 Earth Pit 평면도



[그림 3] 국립생태원 생태연구센터 Earth Pit 단면도

### 3. Earth Pit 의 에너지절감 분석

#### 3.1 분석 방법

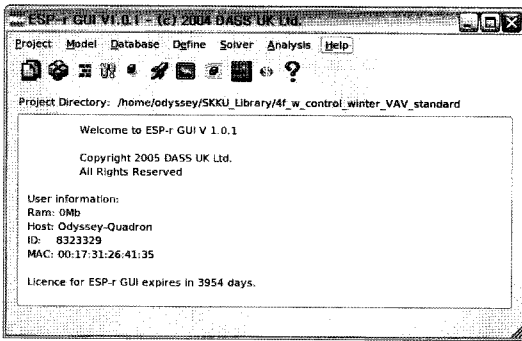
본문에서의 분석방법은 두가지로 구분된다. 첫 번째는 동절기와 하절기의 외기가 지중열원인 얼스피트를 통하여 공조기로 공급되는 외기 온도변화를 예측하는 기류시물레이션(Airpak)을 우선 진행하였으며, 기초 자료인 지중온도는 기상청 자료에서 대전지역의 지중온도(5m)를 이용하였다. 두 번째는 냉난방부하 저감효과를 분석하기 위한 건물의 열·에너지 성능에 대한 시물레이션 프로그램은 ASHREA 전달 함수법을 기본으로 사용하

는 비정상 해석 프로그램 DOE-2와 TRANSYS 등이 있으며, 최근에는 컴퓨터 기술의 급격한 성장에 따라 고도의 수치해석이 가능한 선형 및 비선형 모델이 사용되는데 대표적인 해석 프로그램으로는 ESP-r 등이 있다. 본 건물은 에너지 성능 평가 시물레이션을 위해 DASS ESP-r(Odyssey 2007)을 사용하였다(그림 4, 5 참조).

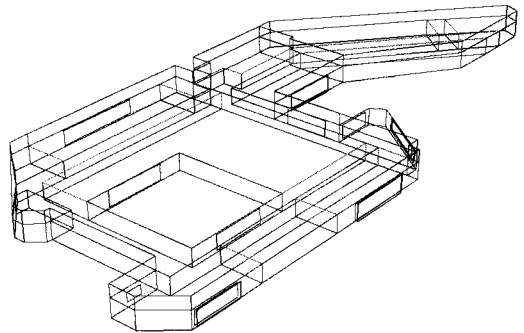
#### 3.2 동절기 난방부하 절감

##### 3.2.1 동절기 기류시물레이션

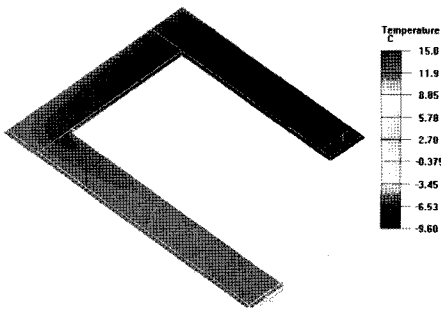
동절기 외기 기류시물레이션 결과는 입/출입구



[그림 4] DASS ESP-r 실행 초기 화면



[그림 5] 에너지시물레이션을 위한 저층부 모델링



[그림 6] 기류시물레이션을 이용한 지중온도 예측(동절기)

Report summary data

Object	Section	Size	Value	Min	Max	User	Start	Assurance
floor	All	All	Temperature (C)	-1.22733	13.17	0.431323	1.56819	2.72 m2
opening	All	All	Temperature (C)	-3.50001	7.39999	-7.95548	1.66537	3.6 m2

<표 3> 월 평균 지중온도

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
15.6	14.5	13.4	12.6	12.4	12.7	13.5	14.6	15.7	16.6	16.9	16.6

평균온도(외기온도 :  $-9.6^{\circ}\text{C}$ ,  $0.4^{\circ}\text{C}$ /예열효과 :  $\Delta T 10^{\circ}\text{C}$ )이며(그림 6), 지중온도의 기초자료는 대전기상데이터의 지중 5m 깊이의 온도를 기준으로 사용하였다(표 3).

1월에 외기온은  $5^{\circ}\text{C}$  이하의 수준을 유지한다. 반면 얼스피트(쿨튜브) 온도는 공조시간외에는  $15^{\circ}\text{C}$ 를 유지하지만, 공조가 시작되면 외기의 유입으로 인해  $5^{\circ}\text{C}$ 까지 떨어지게 된다.

공조기에서 외기를 직접 도입하는 것 보다는 온도차가 적은 공기를 유입하여 공조할 수 있어서 난방에너지의 절약이 예상된다(그림 7).

### 3.2.2 동절기 난방 에너지 성능

혹한기인 1월과 12월에 에너지 절감효과가 큰 것으로 나타났으며, 중간기 때는 외기를 지중을 통해 유입하는 것만으로 충분한 난방효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다(그림 8).

외기온 보다  $5 \sim 10^{\circ}\text{C}$  높은 온도를 받아 들어

사용하기 때문에 높은 에너지 효율을 기대할 수 있다. 난방최대부하는 18%의 절감효과를 기대할 수 있으며, 총에너지소비량은 10.31%의 추가 절감이 예상된다(그림 9, 10).

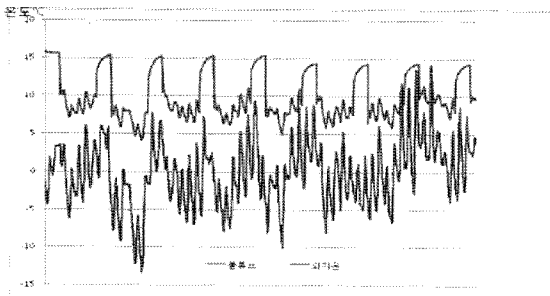
## 3.3 하절기 냉방부하 절감

### 3.3.1 하절기 기류시물레이션

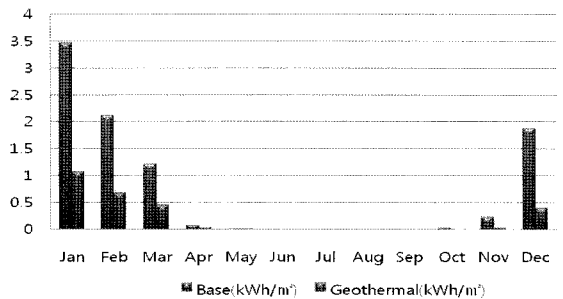
하절기 외기 기류시물레이션 결과는 입/출입구 평균온도(외기온도 :  $31.1^{\circ}\text{C}$ ,  $25.6^{\circ}\text{C}$  / 예열효과 :  $\Delta T 5.5^{\circ}\text{C}$ )이며(그림 11), 지중온도의 기초자료는 대전기상데이터의 지중 5m 깊이의 온도를 기준으로 사용하였다(표 4).

그림 12는 7월과 8월의 외기온과 쿨튜브 온도의 비교 그림이다.

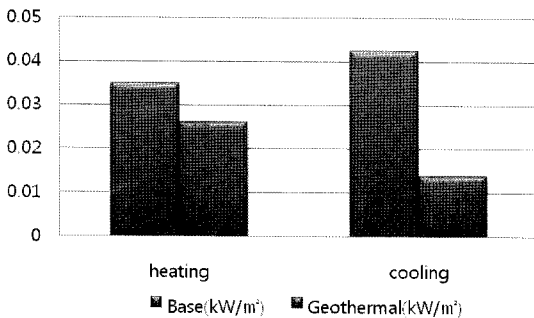
주말에는 공조기가 작동하지 않기 때문에 쿨튜브 온도는 지중온도와 같은  $13.5 \sim 14.6^{\circ}\text{C}$ 를 유지한다. 그리고 주중에 공조기가 작동되는 경우,



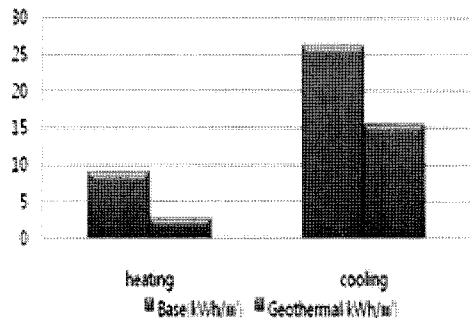
[그림 7] 1월과 2월의 외기온과 쿨튜브 온도 변화



[그림 8] 월별 난방에너지소비량 비교



[그림 9] 최대부하 비교그림



[그림 10] 총에너지소비량 비교

외기 도입의 영향으로 쿨튜브 내의 온도가 상승하지만 20℃ 정도를 유지하게 된다. 따라서 외기를 곧바로 도입하는 시스템에 비해 약 10℃ 정도 낮은 온도의 공기가 유입되기 때문에 냉방에너지의 절감을 기대할 수 있다.

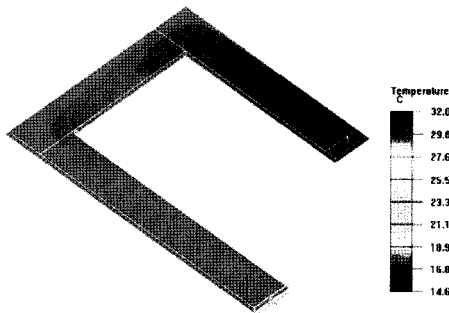
3.3.2 하절기 냉방에너지 성능

쿨튜브를 통과한 20℃ 정도의 외기를 유입하여 공조하므로 하절기인 6~8월에 많은 냉방효과를 기대할 수 있다. 특히 8월에는 차양으로 일사를 차단하고 공조시에 지중의 온도를 이용할 수 있

는 쿨튜브의 적용으로 최대 27% 이상의 에너지 절약효과를 기대할 수 있다(그림 13).

건물의 단열 성능이 높아지면 내부 발열이 중간기 때와 밤 시간에 빠져 나가지 못하기 때문에 냉방부하에 영향을 준다. 하지만 쿨튜브를 이용하여 외기를 유입하여 실내에 3회/hr 만큼 공조하는 경우 실내의 발열을 쉽게 제거할 수 있다.

특히 최대 부하는 지중에서 자연 냉각된 온도를 유입하므로 64%의 절감효과가 나타나고 총에너지 소비량은 39%의 절감효과를 기대할 수 있다(그림 14, 15).



[그림 11] 기류시뮬레이션을 이용한 지중온도 예측(하절기)

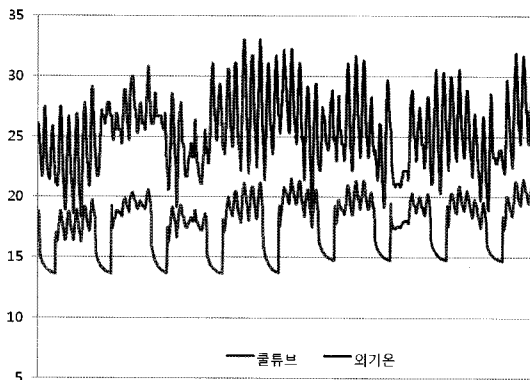
Report summary data

Object	Section	Sides	Value	Min	Max	Avg	Std	Volume
fan.1	All	All	Temperature (C)	16.2842	26.9237	25.6332	1.17013	2.72m2
opening.1	All	All	Temperature (C)	20.1	31.1	30.6689	0.972013	3.6m2

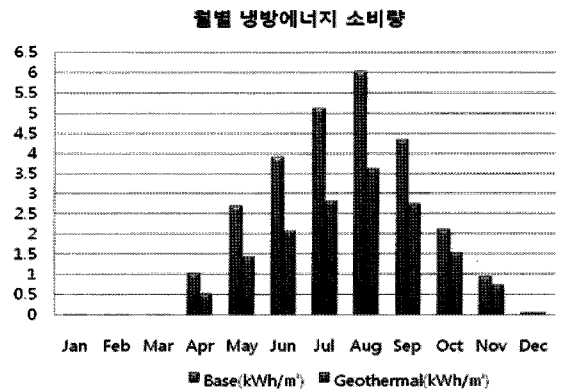
Buttons: Done Export

<표 4> 입출입구 평균온도

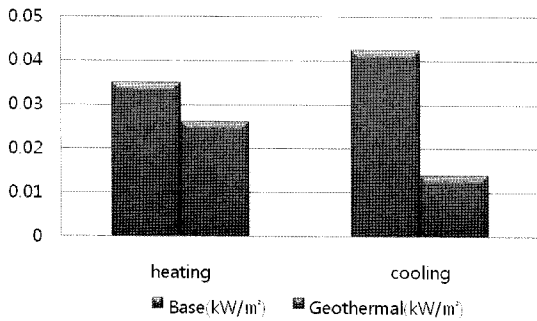
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
15.6	14.5	13.4	12.6	12.4	12.7	13.5	14.6	15.7	16.6	16.9	16.6



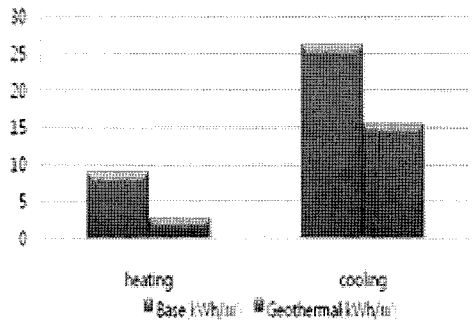
[그림 12] 7월과 8월의 외기온과 쿨튜브 온도 비교



[그림 13] 월별 냉방에너지소비량 비교



[그림 14] 최대부하 비교



[그림 15] 총에너지소비량 비교

#### 4. 맺음말

본 평가대상인 국립생태원 생태연구센터의 지중열원을 이용한 Earth pit에서의 동절기의 난방에너지 절감 결과는 10.3%로이며, 하절기의 냉방에너지 절감 결과는 27.5%로 나타났다. 친환경건축물의 패시브디자인 요소중에 하나인 Earth pit는 지중열원을 이용하여 동절기에 예열, 하절기에는 예냉 효과를 통하여 에너지절감 효과를 예측하였다. 따라서, 저탄소 녹색성장을 위하여 패시브디자인 요소중에 하나인 지중열원을 설계계획단계

에서 적극적으로 활용하여 친환경 건축물 및 저에너지 건물 보급 활성화에 기여하고자 한다.

#### 참고문헌

1. (주)삼우종합건축사사무소, "국립생태원 건립 사업에 따른 에너지성능평가", 2009. 10.
2. 민준기 외, "CFD를 이용한 기상청 지중온도의 피트부분 지중열원 유용성 평가에 관한 연구", 한국생태환경건축학회, 2008. 10