

CFD를 이용한 기상청 지중온도의 피트부분 지중열원 유용성 평가에 관한 연구

Effectiveness Assessment on the Soil Temperature of KMA as Ground Heat Source Using CFD in Pit Area

민 준 기*
Min, Joon Ki

김 정 태**
Kim, Jeong Tai

Abstract

The experimental of temperature, humidity and velocity was taken from the underground pit which utilized the system of ground heat source quite similar to the cool-pit system. Also, through CFD analysis, one could review the effectiveness of analysis of future alternatives. Furthermore, the temperature range of mock up cool-pit system was analyzed by inputting the weather data of annual average soil temperature provided by KMA(Korea Meteorological Administration) into the fluid simulation of anticipated heat distribution. Firstly, the difference between the temperature of air exhaust of the pit or the temperature of air supply of the compressor room and the experimental data for the month of May from the CFD analysis came out to be 0.6℃ and 0.9℃ respectively with tolerance of 3.1% and 4.7%. Secondly, the difference between the temperature of air exhaust of the Pit or the temperature of air supply of the compressor room and the experimental data for the month of July from the CFD analysis came out to be 0.8℃ and 1.1℃ respectively with tolerance of 3.3% and 4.5%. Thirdly, for the month of May, the difference between the experimental data taken for the air exhaust of the Pit or the air supply of the compressor room and soil temperature provided by KMA for monthly and yearly average temperature of Jeonju region came out be 1.9℃ and 1.8℃ respectively with tolerance of 10.7% and 9.8%. Fourthly, for the month of July, the difference between the experimental data taken for the air exhaust of the Pit or the air supply of the compressor room and soil temperature provided by KMA for monthly and yearly average temperature of Jeonju region came out be 1.1℃ and 1.4℃ respectively with tolerance of 4.5% and 5.8%. The result of above experiments allowed us to establish CFD model set up as a verification tool that is based on experimental data collected within the Pit area. Also, one could confirm the possibility to apply weather data of soil temperature provided by KMA in order to anticipate proper value for CFD analysis.

키워드: 지중열원, 쿨피트, 전산유체역학(CFD), 지중온도

Keywords : Ground Heat Source, Cool-pit, Computational Fluid Dynamics, Soil Temperature

1. 서 론

1.1 연구의 배경

지구자원의 고갈과 지구 온난화의 영향이 날로 심각한 가운데 지속적인 에너지 기술에 대한 연구가 더욱더 활성화 되고 있다. 건물의 에너지 사용량, 에너지절감 및 신재생에너지 개발 등 다양한 분야에서의 연구가 진행되고 있다. 그 중에서도 자연에너지에 대한 에너지기술과 그 활용방안이 한층 증대되고 있다. 본 연구에서는 자연 에너지원으로 규정하고 있는 지열을 이용한 에너지 기술에 대한 기초연구를 진행하고자 한다. 지열은 연중 온도

가 일정한 지중열을 이용하는 것으로 하절기에는 외기온도보다 낮아 냉방열원으로 활용하며 동절기에는 외기온도보다 높아 난방열원으로 활용하고 있다. 건물의 설비배관 및 유지관리를 위한 지중 피트(Pit)의 환기방식을 개선하여 피트내의 지중열 교환이 이루어져 하절기에는 외기온도 보다 내려간 배기를 이용하여 인접한 콤프레샤실에 급기로 대체하여 냉방열원으로 활용한 사례를 연구대상으로 선정하였다.

피트의 지중열을 이용한 지중열교환 방식을 일종의 쿨 피트시스템이라고 한다. 쿨피트시스템은 지중의 매립된 개체로 외기가 유입되는 과정을 통해 지중과 열교환을 하게되어 여름철에는 에너지를 겨울철에는 에너지를 하므로서 건물의 열원 시스템으로 계획하여 에너지를 절감하는 자연에너지 또는 신재생에너지 열원이다. 지중열에 대한

* 주저자, 경희대학교 대학원 건축공학과 박사수료

** 교신저자, 경희대학교 건축공학과 교수 (jtkim@khu.ac.kr)

효율성을 향상 시키고자 열적미로란 불리는 지중 구조물을 설치하고 이를 통하여 외기를 유입하여 열교환 면적을 최대한 높여 외기온도를 여름철에는 낮추고 급기하고 겨울철에는 높여 급기하여 건물에너지를 절감하는 시스템이다.

국내의 선행 연구로 2001년 이윤규 외의 연구에서는 쿨튜브시스템의 최적설계에 필요한 성능평가 방법을 제시하고 실제 설계사례를 가정하여 쿨튜브 시스템 핵심 설계변수의 최적화 과정 및 결과를 예시함으로써 일반건물에 손쉽게 적용 가능한 쿨튜브 시스템 설계방법을 정립한 연구를 수행한 바 있다.

2005년 이상엽 외의 연구에서는 건축계획중인 ECC(이화여대컴퍼스)에 적용된 Thermal labyrinth(열적미로)를 대상으로 하여 건물에너지 절감 효과를 TRNSYS 에너지 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 축열성이 높은 토양은 무한한 에너지를 갖고 있으며 용이하게 사용할 수 있다.

2004년 손원득 외의 연구에서는 지열을 이용한 어스튜브시스템과 공기식 집열기를 병용하여 부하저감시스템 연구와 지하피트내의 지중벽에 설치되어 있는 개구부의 크기, 위치 및 간격에 따라 시스템의 열적 특성 및 기류성상에 미치는 영향 연구를 수행한 바 있다.

국외에서는 지중열교환 성능에 대한 연구가 일본에서 2004년 다나카 외의 연구가 진행되었다. 공기조화기의 외기유입시 여름철에는 예냉효과, 겨울철에는 예열효과를 사용하고 있는 건물에서 온도 등을 측정하여 에너지절감 감량을 연구하였다. 이 연구의 연구결과는 동절기의 예열 효과로 40%의 에너지절감 효과가 얻어졌다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 기존의 건물에 사용중인 피트의 지중열 이용사례를 연구대상으로 하였다. 연구의 방법은 첫째, 평가 대상 공간인 피트의 온도, 습도 및 기류 등을 조사하여 CFD(기류시뮬레이션) 모델을 구축하고 검증한다. 둘째, 검증된 CFD 모델에 기상청 기후자료 전주지역의 지중온도 등을 구축된 CFD 모델을 활용하여 온도분포 예측치를 산출한다. 셋째, 연구대상물에 대한 온도분포 실측치와 예측치를 비교하여 CFD 모델을 활용하여 기상청 기후자료 지중온도 등을 활용한 예냉효과와 예열 효과에 대한 활용 가능성을 평가한다.

2. 평가대상 및 공간

2.1 평가 대상 건물의 개요

피트의 지중열 활용을 위한 쿨피트시스템에 대한 성능평가를 하기위한 연구대상 건물은 익산지역에 2006년 준공된 H할인매장의 배관 설치 및 유지관리를 위한 지중 피트를 대상으로 하였다. 운영중인 할인매장으로 지상1층 식당가의 주방 등의 배관 유지보수용 지중 피트에 쿨피트시스템의 개념이 도입되어 활용되고 있다.

그림 1과 그림 2와 같이 피트의 쿨피트시스템은 외기

를 급기로 유입하여 피트내의 지중열을 전도, 대류 등을 통하여 열교환이 이루어져 그 배기를 콤프레샤실의 급기로 활용하는 방식이다. 피트 규모는 길이 41m, 폭 10.9m, 높이 2.0m 내외이며 면적은 562m²이다. 급기풍량은 정풍량으로 급기 3,600CMH, 배기 4,500CMH로 가동중이다. 구조물은 철근콘크리트로 구성되어 있다.

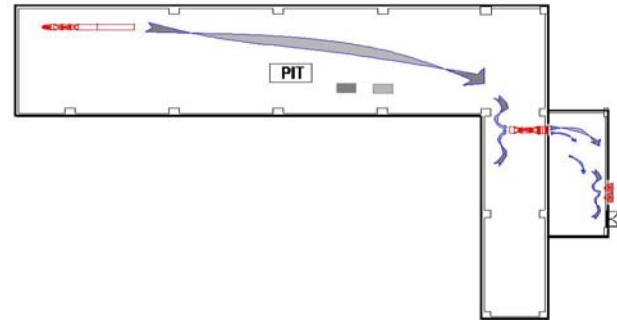


그림 1. 피트층 급기 및 배기 시스템

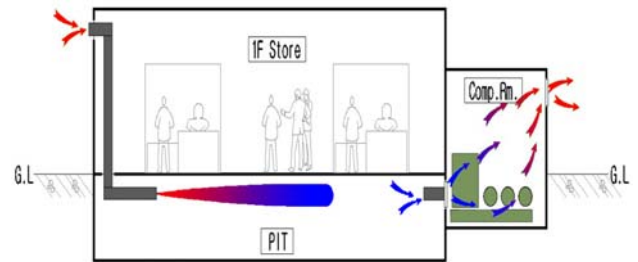


그림 2. 쿨피트시스템 개념도

2.2 현장 측정

본 연구의 현장 측정 목적은 H 할인매장 피트내의 급배기의 상태를 점검하고 피트내의 배기를 급기로 이용하는 콤프레샤실의 급기 및 배기 상태를 점검한다. 쿨튜브 시스템의 활용 가능성을 검토하기 위하여 온도, 습도 및 기류 등을 5월과 7월 각각 연속 48시간 이상 2회 측정하여 기류시뮬레이션 분석을 위한 현장 실측을 실시하였다.

현장측정방법은 현장 범위, 측정기간 및 측정장비 등으로 다음과 같다. 현장범위는 피트관련 급기와 배기에 따른 온도, 습도 및 기류 등으로 한정하였다. 피트의 외기 도입부의 온도 및 습도 그리고 피트 내의 급기와 배기에 따른 온도, 습도 및 기류속도를 측정하였다. 또한 콤프레샤실의 급기온도, 습도 및 기류를 측정하였다.

현장 측정 기간은 1차와 2차로 구분하여 각각 춘계와 하계를 기준으로 1차는 2008년 5월 10일 14:00부터 5월 12일 14:00까지 30초 간격으로, 2차는 2008년 7월 20일 13:00부터 7월 24일 15:00까지 1분간격으로 온도, 습도의 측정 및 저장을 실시하였다.

중간기인 5월 10일 온도 측정 결과를 정리한 것으로 외기 최고온도 21.8℃, 피트 말단부의 최고온도 19.4℃, 콤프레샤실 최고온도 30.3℃로 나타났다. 또한 피트 내부의 표면 온도 측정 결과는 바닥 표면온도 17.9℃~19.6℃,

중간벽체 표면온도 18.1℃~19.3℃, 천정 표면온도 18.2~20.3℃로 최저온도와 최고 온도의 차이는 2.4℃로 나타났다.

하절기인 7월 20일 온도 측정 결과를 정리한 것으로 외기 최고온도 31.6℃, 피트 말단부 지점의 최고온도 25.3℃, 콤프레샤실 최고온도 35.5℃로 나타났다. 또한 피트 내부의 표면 온도 측정 결과는 바닥 표면온도 23.3℃~23.7℃, 중간벽체 표면온도 23.3℃~24.9℃, 천정 표면온도 24.1℃~24.5℃로 최저온도와 최고 온도의 차이는 1.6℃로 나타났다.

피트 및 콤프레샤실의 기류속도 측정 결과는 피트 내의 급기 그릴에서 말단 부위로 측정하여 7.6%, 3.0%, 1.1%, 0.2%로 나타났고, 콤프레샤실은 6.0%, 0.6%, 0.28%로 나타났으며 그 측정위치는 온습도계의 측정 위치와 동일하다.

3. 유동성 지배방정식

피트 및 콤프레샤실의 열전달시험 관련 기류 분포를 모사하기 위하여 유체역학의 다양한 모델중에 다음과 같은 모델을 적용하여 수행하였다. 유체 및 에너지의 이동현상의 해석에 필요한 방정식은 질량, 운동량, 에너지 보존법칙을 미소의 체적에 적용하여 얻어진 비선형 연립 편미분방정식이다. 운동량 해석에 있어서는 난류 운동의 해석을 위한 방정식을 포함하여야 하며 또한 복사 열전달 및 화학반응을 위한 방정식들을 포함하여야 한다.

기류시뮬레이션을 위한 계산 영역은 여러개의 영역으로 분할 된다. 이 분할된 모양을 격자라고 하며 각각의 작은 영역을 셀(cell)이라고 한다. 3차원일 경우 셀들은 보통육면체이거나 사면체의 형상을 가진다. 모든 물리량들은 이 셀들의 중심에 저장된다. 이렇게 각 셀의 체적에 보존법칙을 적용하기 때문에 이 방법을 유한체적법이라고 한다. 앞의 지배방정식을 유한 체적법에 의하여 이산화하여 다양한 모델들의 시뮬레이션을 전산유체역학(Computational Fluid Dynamics) 프로그램이라하며 본 연구에는 Airpak 3.0(Fluent 6.3) CFD 프로그램의 Two-Equation(standard $k-\epsilon$) Turbulence 모델을 사용하였으며 적용한 수식은 다음과 같다.

μ_t : 관류점성도(Turbulent viscosity)

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\epsilon}$$

여기서, ρ : 밀도(Density, kg/m³)

C_μ : 상수(Constant, 0.09)

k : 운동에너지(Kinetic Energy)

ϵ : 소산율(Rate of dissipation)

4. 피트와 콤프레샤실의 기류시뮬레이션

4.1 경계조건

CFD 시뮬레이션을 위한 경계조건은 5월 10일과 7월 20일의 실측치 대비 기류시뮬레이션의 결과치 그리고 기상청 기후자료 활용을 위한 5월 10일과 7월 20일의 실측치 대비 기상청 기후자료 전주지역 월평균값의 5월 및 7월에 대한 평균 최고온도, 상대습도, 지중온도(1.5m) 또한 피트와 콤프레샤실의 지중벽체에 대한 물성치 등에 대한 경계조건은 다음의 표 1와 같다.

표 1. CFD 시뮬레이션 경계조건

구분		경계조건
실측자료	외기온도	5월 21.8℃ / 7월 31.6℃
	상대습도	50 %(기본값 적용)
	급기 풍량	5,000CMH
	콤프레샤실 Cooling load	9.6kW × 8ea (32%)
	피트 내벽 표면온도 (℃)	5월 천정 : 19.25 벽부 : 18.7 바닥 : 18.7 7월 24.3 23.8 23.6
피트 구조물 물성치	철근콘크리트 (t:250mm)	열전도율(k):1.627 W/m.K 밀도(ρ): 2,198 kg/m ³ 비열(c_p): 0.879 kJ/kg.K
기상청 기후자료 월평균값 (전주)	5월 기준	
	평균 최고온도	24.1℃
	상대습도	67.2%
	지중온도 (1.5m)	13.5℃
	7월 기준	
	평균 최고온도	30.2℃
	상대온도	78.7%
	지중온도 (1.5m)	19.8℃

CFD 시뮬레이션 프로그램 입력 조건을 만족하기 위하여 급기풍량과 배기풍량은 동일한 풍량으로 계산하였으며 요소 변수를 검증하기 위하여 풍량을 설계기준으로 최소 5,000CMH, 외기온도 5월은 21.8℃, 7월은 31.6℃ 피트 내벽온도는 5월 천정부(19.25℃), 벽체부(18.7℃), 바닥부(18.7℃)로, 7월 천정부(24.3℃), 벽체부(23.8℃), 바닥부(23.6℃)으로 설정하여 검증을 실시하였다. 지중온도는 측정값의 지중깊이에 따른 온도로서 상, 중, 하로 구분한 후 구해진 값의 평균값을 적용하였다. 또한 연구대상의 피트와 콤프레샤실의 격자 설정값을 26만 ~ 27만 조건으로 하였고 3차원 모델링에 입력조건 및 분석코드의 자체 계산 조건 등을 입력한 후 계산 값이 일정 오차 범위 내기류(1E-3) 및 에너지(1E-6)로 수렴 할 때까지 반복하여 계산하였다.

4.2 CFD 시뮬레이션 결과

CFD 시뮬레이션에 의한 열유동의 결과는 다음의 그림 3 과 같다. Solving 작업에 의한 계산 결과가 수렴되면 해석공간의 실측치와 동일한 위치의 온도분포를 수치화 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

기류시뮬레이션에 대한 1차 검증을 위하여 측정한 춘계 기준 5월 10일 실측치의 피트 기류시뮬레이션 결과는 그림 4 와 같으며 실측치의 콤프레샤실 기류시뮬레이션 결과는 그림 5 와 같다. 5월 실측치와 기류시뮬레이션 결과치에 대한 온도분포 결과는 다음의 표 2 와 같다.

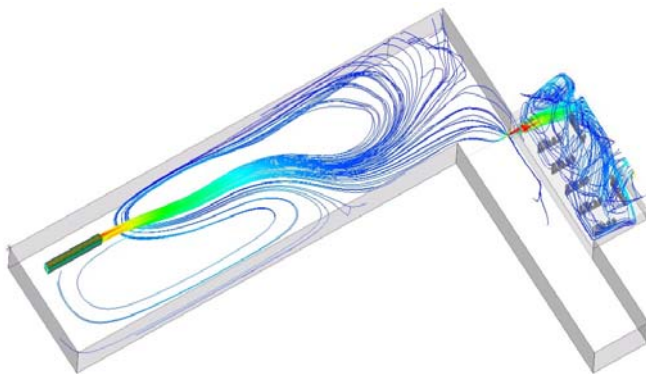


그림 3. 기류시뮬레이션 열유동

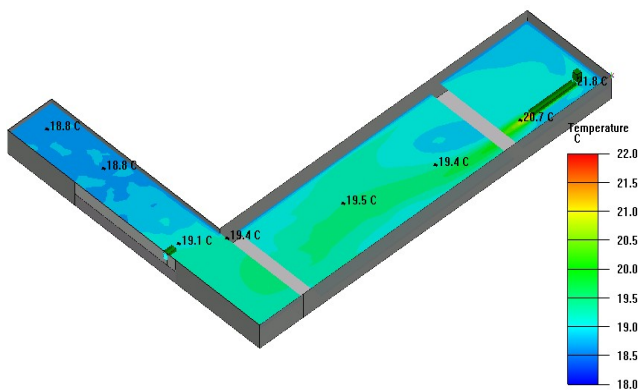


그림 4. 5월 실측치의 피트 기류시뮬레이션 결과

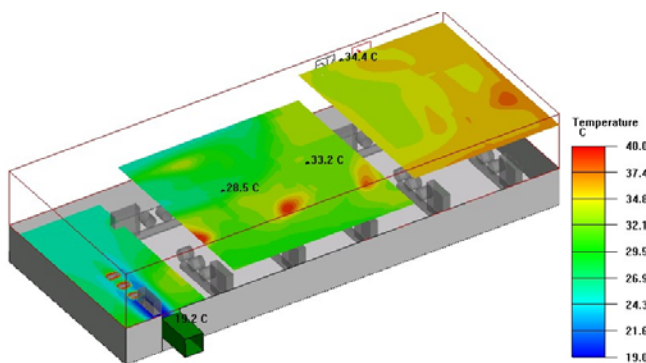


그림 5. 5월 실측치의 Comp.실 기류시뮬레이션 결과

표 2. 5월 실측치와 기류시뮬레이션 결과치, °C

구분	측정점	실측치	결과치	온도차	%
외기	1	21.8	21.8	-	-
	2	20.3	20.7	0.4	1.9
피트	3	20.0	19.4	0.6	3.1
	4	19.7	19.5	0.2	1.0
	5	19.8	19.4	0.4	2.1
	6	19.7	19.1	0.6	3.1
콤프레샤실	7	20.1	19.2	0.9	4.7
	8	30.3	28.5	1.8	6.3
	9	30.3	33.2	2.9	8.7
	10	30.2	34.4	4.2	12.2

5월 실측치 대비 기류시뮬레이션 결과치에 대한 피트 내의 온도차는 최소 0.2°C, 최대 0.6°C 이며 오차율은 최소 1.0%, 최대 3.1% 이다. 콤프레샤실의 온도차는 최소 0.9°C, 최대 4.2°C 이며 오차율은 최소 4.7%, 최대 12.2% 로 나타났다. 5월 실측치 대비 기류시뮬레이션 결과치에 대한 피트 배기온도 그리고 콤프레샤실의 급기온도의 온도차는 각각 0.6°C, 0.9°C이며 오차율은 각각 3.1%, 4.7% 로 나타났다.

기류시뮬레이션에 대한 2차 검증을 위하여 측정한 하계 기준 7월 20일 실측치의 피트 기류시뮬레이션 결과는 그림 6 과 같으며 실측치의 콤프레샤실 기류시뮬레이션 결과는 그림 7 과 같다. 7월 실측치와 기류시뮬레이션 결과치에 대한 온도분포 결과는 다음의 표 3과 같다.

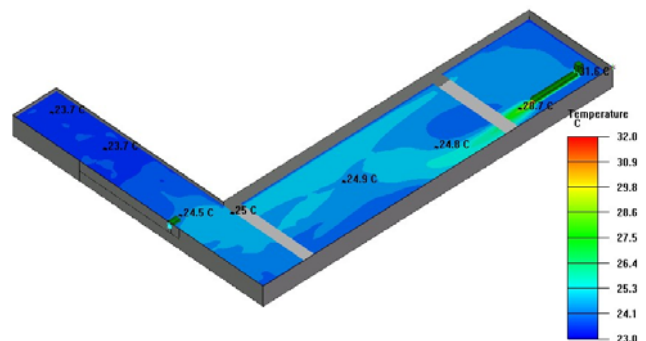


그림 6. 7월 실측치의 피트 기류시뮬레이션 결과

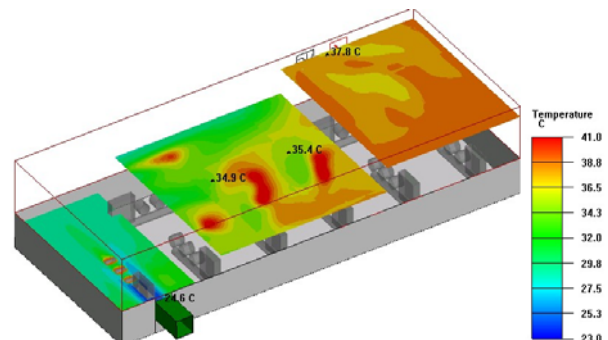


그림 7. 7월 실측치의 Comp.실 기류시뮬레이션 결과

표 3. 7월 실측치와 기류시물레이션 결과치, °C

구분	측정점	실측치	결과치	오차	%
외기	1	31.6	31.6	-	-
피트	2	26.6	28.7	2.1	7.3
	3	26.8	24.8	2.0	8.1
	4	25.7	24.9	0.8	3.2
	5	25.4	25.0	0.4	1.6
	6	25.3	24.5	0.8	3.3
컴프레샤실	7	25.7	24.6	1.1	4.5
	8	34.0	34.9	0.9	2.6
	9	35.5	35.4	0.1	0.3
	10	35.5	37.8	2.3	6.1

7월 실측치 대비 기류시물레이션 결과치에 대한 피트 내의 온도차는 최소 0.4°C, 최대 2.1°C 이며 오차율은 최소 1.6%, 최대 8.1% 이다. 컴프레샤실의 온도차는 최소 0.3°C, 최대 6.1°C 이며 오차율은 최소 0.1%, 최대 2.3%로 나타났다. 7월 실측치 대비 기류시물레이션 결과치에 대한 피트 배기온도 그리고 컴프레샤실의 급기온도의 온도차는 각각 0.8°C, 1.1°C이며 오차율은 각각 3.3%, 4.5% 나타났다.

기상청 기후자료 월평년값(지중온도 등)에 대한 활용을 위하여 측정한 준계 기준 5월 10일 실측치의 피트 기류시물레이션 예측치는 그림 8 과 같으며 실측치의 컴프레샤실 기류시물레이션 예측치는 그림 9 와 같다. 5월 실측치와 기류시물레이션 예측치에 대한 온도분포 결과는 다음의 표 4 와 같다.

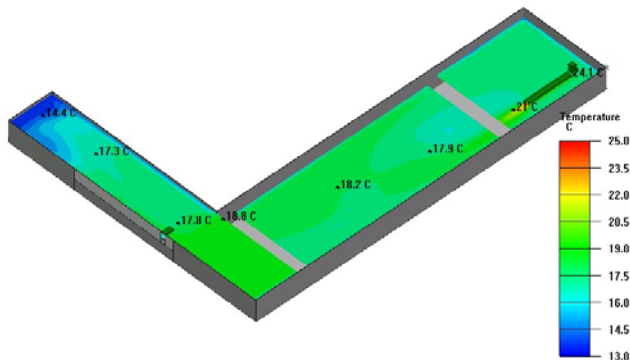


그림 8. 5월 기상청 지중온도의 피트 기류시물레이션 결과

표 4. 5월 실측치와 기상청 지중온도에 의한 예측치, °C

구분	측정점	실측치	예측치	오차	%
외기	1	21.8	24.1	2.3	9.5
피트	2	20.3	21.0	0.7	3.3
	3	20.0	17.9	2.1	11.7
	4	19.7	18.2	1.5	8.2
	5	19.8	18.8	1.0	5.3
	6	19.7	17.8	1.9	10.7
컴프레샤실	7	20.1	18.3	1.8	9.8
	8	30.3	25.8	4.5	17.4
	9	30.3	29	1.3	4.5
	10	30.2	31.7	1.5	4.7

5월 실측치 대비 기상청 기후자료(전주지역)의 기류시물레이션 예측치에 대한 피트 내의 온도차는 최소 1.0°C, 최대 2.3°C 이며 오차율은 최소 3.3%, 최대 11.7% 이다. 컴프레샤실의 온도차는 최소 1.3°C, 최대 4.5°C 이며 오차율은 최소 4.5%, 최대 17.4%로 나타났다. 5월 실측치 대비 기상청 기후자료 전주지역 월평년값의 지중온도 등에 대한 예측치에 대한 피트 배기온도 그리고 컴프레샤실의 급기온도의 온도차는 각각 1.9°C, 1.8°C이며 오차율은 각각 10.7%, 9.8%로 나타났다.

기상청 기후자료 월평년값(지중온도 등)에 대한 활용을 위하여 측정한 하계 기준 7월 20일 실측치의 피트 기류시물레이션 예측치는 그림 10 과 같으며 실측치의 컴프레샤실 기류시물레이션 예측치는 그림 11 과 같다. 7월 실측치와 기류시물레이션 예측치에 대한 온도분포 결과는 다음의 표 5 와 같다.

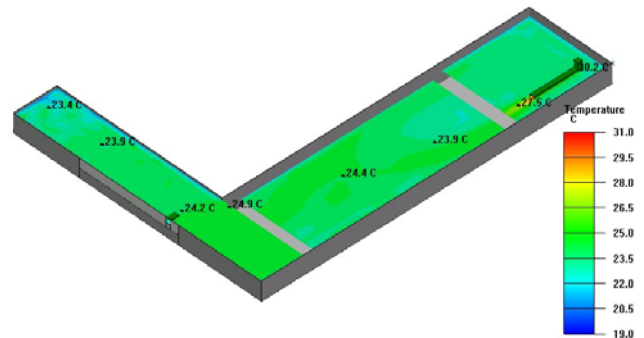


그림 10. 7월 기상청 지중온도의 피트 기류시물레이션 결과

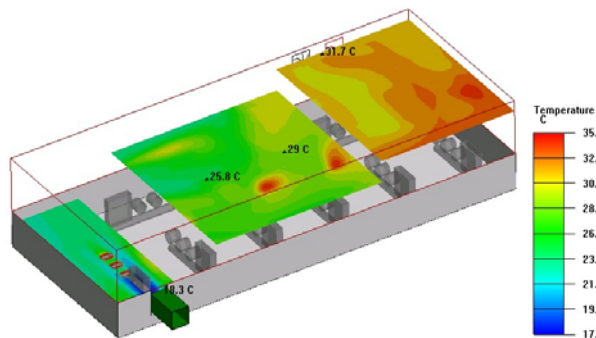


그림 9. 5월 기상청 지중온도의 Comp.실 기류시물레이션 결과

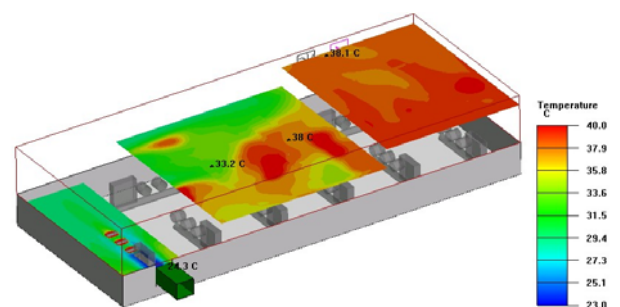


그림 11. 7월 기상청 지중온도의 Comp.실 기류시물레이션 결과

표 5. 7월 실측치와 기상청 지중온도의 의한 예측치, °C

구분	측정점	실측치	예측치	오차	%
외기	1	31.6	30.2	1.4	4.6
피트	2	26.6	27.5	0.9	3.3
	3	26.8	23.9	2.9	12.1
	4	25.7	24.4	1.3	5.3
	5	25.4	24.9	0.5	2.0
	6	25.3	24.2	1.1	4.5
컴프레샤실	7	25.7	24.3	1.4	5.8
	8	34.0	33.2	0.8	2.4
	9	35.5	38.0	2.5	6.6
	10	35.5	38.1	2.6	6.8

7월 실측치 대비 기상청 기후자료(전주지역)의 기류시물레이션 예측치에 대한 피트 내의 온도차는 최소 0.5°C, 최대 2.9°C 이며 오차율은 최소 2.0%, 최대 12.1% 이다. 컴프레샤실의 온도차는 최소 0.8°C, 최대 2.6°C 이며 오차율은 최소 2.4%, 최대 6.8%로 나타났다. 7월 실측치 대비 기상청 기후자료 전주지역 월평균값의 지중온도 등에 대한 예측치에 대한 피트 배기온도 그리고 컴프레샤실의 급기온도의 온도차는 각각 1.1°C, 1.4°C이며 오차율은 각각 4.5%, 5.8%로 나타났다.

5. 결 론

본 연구에서는 지중에 설치된 피트에서 지중열을 이용한 일종의 쿨피트시스템에 대한 도입된 실제사례를 대상으로 온도, 습도 및 기류를 실측하였으며 기류시물레이션 분석을 통하여 추후 대안분석을 위한 효용성을 검증하였다. 또한 기상청 기후자료 월평균값의 지중온도를 활용하여 모의 쿨피트시스템에 대한 열분포 예측 기류시물레이션을 실시하여 그 온도분포를 분석하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같이 요약 정리하였다.

첫째로 5월 실측치 대비 기류시물레이션 결과치에 대한 피트 배기온도와 컴프레샤실의 급기온도의 온도차는 각각 0.6°C, 0.9°C이며 오차율은 각각 3.1%, 4.7%로 나타났다.

둘째로 7월 실측치 대비 기류시물레이션 결과치에 대한 피트 배기온도와 컴프레샤실의 급기온도의 온도차는 각각 0.8°C, 1.1°C이며 오차율은 각각 3.3%, 4.5% 나타났다.

셋째로 5월 실측치 대비 기상청 기후자료 전주지역 월평균값의 지중온도 등에 대한 예측치에 대한 피트 배기온도와 컴프레샤실의 급기온도의 온도차는 각각 1.9°C, 1.8°C이며 오차율은 각각 10.7%, 9.8%로 나타났다.

넷째로 7월 실측치 대비 기상청 기후자료 전주지역 월평균값의 지중온도 등에 대한 예측치에 대한 피트 배기온도와 컴프레샤실의 급기온도의 온도차는 각각 1.1°C, 1.4°C이며 오차율은 각각 4.5%, 5.8%로 나타났다.

선행연구로 구축된 CFD 지중열원 모델을 이용하여, 기

상청 기후자료 월평균값의 지중온도 등을 활용하여 CFD 기류시물레이션 예측치에 대한 활용 가능성을 확인하였다.

추후 연구과제로는 지중열원의 경계조건에 대한 변수 특성을 고려하고 CFD 모델 구축에 관하여 유효성을 심도 깊게 검증하는 등의 연구가 요구된다.

후 기

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(R11-2008-098-00000-0).

참고문헌

1. 민준기, 김정태, CFD를 이용한 피트의 지중열 모델 구축에 관한연구, 한국생태환경건축학회 논문집, 2008, 10
2. 손원득 외, 지열을 이용한 공조외기부하저감 시스템에 관한 연구, 설비공학회 논문집, 제16권 제12호 pp. 1218-1226, 2004.12
3. 이윤규 외, 지열 이용 쿨튜브 시스템의 최적화 설계방법 연구, 2001
4. J. K. Min, S. U. Suel and K. S. Kim, CFD Model of Pit's Cooltube System for Reducing Effect of Fresh Air & Saving Building Energy Consumption, SET2008, Vol. 1, pp.1033-1040, 2008.08(Proceeding)
5. Tanaka el. Validation on the performance of excha-nge heat for an earth-to-air heat exchanger, Nag-o-ya University, 2004.
6. ATEs, Airpak 3.0 Manual. 2008.05
7. www.kma.or.kr

투고(접수)일자: 2008년 9월 16일

심사일자: 2008년 9월 19일

게재 확정 일자: 2008년 10월 24일