

소규모 주택에 대한 수평형 지열 히트펌프 형태 결정에 관한 연구

윤장렬*, 조성우**, 최정민***

*창원대학교 그린에너지대학원, 석사과정(jr0217@nate.com),
**창원대학교 건축공학과 조교수, 공학박사(swcho@changwon.ac.kr),
***창원대학교 건축공학과 교수, 공학박사(jmchoi@changwon.ac.kr)

A Study on the description of Horizontal Geothermal Heat pump Type on Small Residential House

YUN, Jang-Ryeol*, CHO, Sung-Woo**, CHOI, Jung-Min***

*Dept. of Green Energy Graduate School, Changwon National University(jr0217@nate.com),
**Dept. of Architectural Eng, Changwon National University(swcho@changwon.ac.kr),
***Dept. of Architectural Eng., Changwon National University(jmchoi@changwon.ac.kr)

Abstract

The conclusion is derived from the arranged results and using a simulation by determining the shape of an optimum heat pump which is appropriate for small scale houses. It is concluded as 3 meters long for the laying depth of underground piping of the horizontal type geothermal heat pump system in regard to the 5 RT capacity standard that is suitable for a small scale house.

The shape of the horizontal type geothermal heat pump system for a small scale house is the Three pipe shape whose trench length is short and pipe length laid in a trench is short. It is 9 for the number of laying pipes that is most appropriate to system.

Keywords : 지열(Geothermal), 수평형 지열 히트펌프(Horizontal Geothermal Heat pump), GLD(Ground Loop Design)

1. 서 론

1.1 연구의 목적

화석연료의 사용으로 환경파괴와 CO₂ 배출로 인한 지구온난화로 해수면의 상승, 이상기후 그리고 자원고갈로 인한 신·재생 에너지에 관한 관심과 개발이 증가하고 있다.

‘신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획(2003~2012)’을 통해 신·재생에너지 공급비중을 늘이기 위한 세부추진 계획 수립, 신·재생에너지의 공공기관 사용 의무화, 발전차액 및 전문기업 제도 도입 등을 통하여 신·재생에너지 사업에 대한 정부의 적극적인 지원을 받고 있는 실정이다.

신·재생에너지 중 폐기물에 의한 에너지가 대부분이며 자연에너지를 이용한 에너지원으로는 태양광, 풍력, 지열 등이 있다.

주로 자연에너지원 중 태양광 및 풍력의 많은 지원과 개발이 이루어지다 최근에 이 두 개의 에너지원이 낮과 밤, 날씨에 따른 발전량의 차이가 많은 단점으로 인해 그렇지 않은 지열 에너지원의 관심이 높아져 활용도도 점점 높아지고 있는 추세이다.

지열 에너지원을 이용한 지중열 교환은 크게 수직형과 수평형으로 나뉘며 국내에서는 주로 수직형이 많이 쓰인다. 그러나 수직형의 경우 충분한 열교환을 위해 지중깊이가 약 150~300m정도 까지 굴착함에 있어 지하수의 오염 및 굴착 깊이에 따른 높은 초기 공사비용이 든다.

표 1. 지중열 교환방식에 따른 비교

구 분	수직형	수평형
열교환 방식	지열루프 내부에 순환매체 주입하여 지열과 열교환 방식	
굴착 깊이	150~300m	1.5~3m
천공 수	많음	적음
COP	높음	낮음
초기 공사비용	높음	낮음

일반적으로 수평형의 경우 수직형 대비 알은 굴착으로 인한 낮은 초기 공사비용이 장점이다. 하지만 히트펌프의 형태에 따라 지중배관의 길이에 따른 공사비의 상승으로 리스크가 발생되기도 한다.

이에 본 연구는 이러한 리스크를 극복하기 위해 소규모 주택에 적합한 최적의 히트펌프 형태를 알아보는데 목적을 두고 있다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구는 소규모 주택에 적합한 5RT기준으로 진행되며 GLD(Ground Loop Design) 프로그램을 이용하여 동등한 조건에서 관련 요인에 변수를 주어 시뮬레이션을 통하여 진행된다. 연구의 절차는 아래와 같다.

- (1) 소규모 주택의 조건에 맞는 기본 입력 데이터 산출
- (2) 최적의 지중배관 매설 깊이 검토
- (3) 최적의 히트펌프 형태 결정

2. 시뮬레이션 프로그램 소개 및 부하량 산출

2.1 GLD(Ground Loop Design) 개요

GLD프로그램은 미국 Gaia Geothermal사에서 엔지니어와 공기조화 기술자에게 지열 시스템에 대한 설계를 위해 개발된 소프트웨어로써 크게 Commercial과 Residential Edition으로 나누어지며 수직형, 수평형, 지표수 이렇게 3가지 Type으로 설계를 할 수 있도록 되어 있다. Module은 Heat Pump, Zone/Loads, Design Module이 있다. 이 밖에 순환유체와 파이프 재료/형태에 관한 물성자료, 토양에 대한 열 물성치 등이 제공된다.

2.2 부하량 산출¹⁾

본 연구는 소규모 주택의 규모에 해당되는 바닥면적 110m²의 임의대상을 선정하였으며

1) 황용호 외(2011), 수직형과 수평형 지열 히트펌프의 공사제원과 초기건설비 평가비교, 한국건축환경설비학회 추계학술발표대회 논문집, p.110~111

주거용 건물에 해당하기 때문에 주당 7일간의 냉·난방을 가동, 히트펌프 용량은 최대부하에서 약 10%의 여유율을 가진 것으로 선정하였다. 이에 따른 대상 건물의 데이터로 냉·난방에 대한 부하는 표 2와 같다.

표 2. 대상건축물의 냉방과 난방부하

실명	면적 m ²	단위 부하		냉방 부하		난방 부하	
		냉방 W/ m ²	난방 W/ m ²	kW	kcal/h	kW	kcal/h
대상 건축물	110	150	140	16.5	14,190	15.4	13,224
합계	110	150	140	16.5	14,190	15.4	13,224

본 프로그램에서는 최대 냉·난방부하가 입력데이터로서 필요함에 따라 대상 건축물에 대한 1일 부하에 대한 부하지수를 고려하여 계산하였으며, 그 결과는 표 3과 같다.

표 3. 대상건축물의 1일 부하 및 피크부하량

시간(hr)	냉방부하지수			난방부하지수			비고
	최대 냉방 부하 (kW)	부하 지수 (%)	냉방 부하 (kW)	최대 난방 부하 (kW)	부하 지수 (%)	난방 부하 (kW)	
00:00 ~01:00	16.5	48	7.9	15.4	94	14.5	야간
01:00 ~02:00	16.5	44	7.3	15.4	95	14.6	
02:00 ~03:00	16.5	42	6.9	15.4	97	14.9	
03:00 ~04:00	16.5	41	6.8	15.4	98	15.1	
04:00 ~05:00	16.5	39	6.4	15.4	99	15.2	
05:00 ~06:00	16.5	37	6.1	15.4	99	15.2	
06:00 ~07:00	16.5	41	6.8	15.4	100	15.4	
07:00 ~08:00	16.5	53	8.7	15.4	100	15.4	
08:00 ~09:00	16.5	83	13.7	15.4	100	15.4	

09:00 ~10:00	5.78	85	4.9	5.39	87	4.7	주간 (피크 부하 의 35%)	
10:00 ~11:00	5.78	90	5.2	5.39	85	4.6		
11:00 ~12:00	5.78	85	4.9	5.39	83	4.5		
12:00 ~13:00	5.78	88	5.1	5.39	80	4.3		
13:00 ~14:00	5.78	94	5.4	5.39	75	4.0		
14:00 ~15:00	5.78	98	5.7	5.39	73	3.9		
15:00 ~16:00	5.78	100	5.8	5.39	65	3.5		
16:00 ~17:00	5.78	90	5.2	5.39	70	3.8		
17:00 ~18:00	16.5	77	12.7	15.4	75	11.6		야간
18:00 ~19:00	16.5	73	12.0	15.4	83	12.8		
19:00 ~20:00	16.5	65	10.7	15.4	85	13.1		
20:00 ~21:00	16.5	61	10.1	15.4	87	13.4		
21:00 ~22:00	16.5	57	9.4	15.4	80	12.3		
22:00 ~23:00	16.5	54	8.9	15.4	90	13.9		
23:00 ~24:00	16.5	51	8.4	15.4	92	14.2		
합계 (kWh)			185			260.3		

시간대별 냉·난방부하는 최대 냉·난방부하와 부하지수를 곱하여 산출하였다. 이에 따라 대상 건축물에서 최대냉방부하는 15시부터 16시, 최대난방부하는 6시부터 9시까지이며, 각각의 부하는 16.5kW와 15.4kW로 나타났다. 본 프로그램의 또 다른 입력데이터로서 월간 부하량은 표 3에서 구한 냉·난방부하에 대하여 월별 사용일수를 곱하여 계산하였으며, 대상 건축물에서의 월간 냉·난방의 부하량은 표 4와 같다.

표 4. 대상건축물의 월간 냉방과 난방부하량

구분	일일 최대 부하량(kWh)	월간 부하 지수 (%)	1일 부하량 (kWh)	월별 사용 일	월간 부하량(kWh)	
					냉방	난방
1월	260.3	88	229.1	31	-	7,102
2월	260.3	72	187.4	28	-	5,247
3월	260.3	53	138.0	31	-	4,278
4월	260.3	25	65.1	10	-	651
5월	185	10	18.5	0	-	-
6월	185	25	46.3	10	463	-
7월	185	36	66.7	25	1,668	-
8월	185	35	64.8	25	1,620	-
9월	185	23	42.6	10	426	-
10월	260.3	30	78.1	0	-	-
11월	260.3	40	104.1	15	-	1,562
12월	260.3	70	182.2	31	-	5,648
합계	-	-	-	216	4,177	24,488

지하 또는 지중 매설관을 계산하기 위한 GLD프로그램의 주요 입력데이터는 표 3에 나타난 일부하와 최대부하 및 표 4의 월간 냉방과 난방부하이다.

3. GLD프로그램을 이용한 시뮬레이션

GHPs 형태 결정을 위한 시뮬레이션의 입력력은 1일 부하와 히트펌프 사양, 월별 냉·난방부하와 열교환 유체와 형상 등을 포함하여 3개 부분으로 나눌 수 있다.

본 논문에서는 임의로 정한 대상 건축물이 주거용 건축물이므로 히트펌프의 지열원 측 열매의 입구온도는 각각 30℃와 5℃로 하였다.

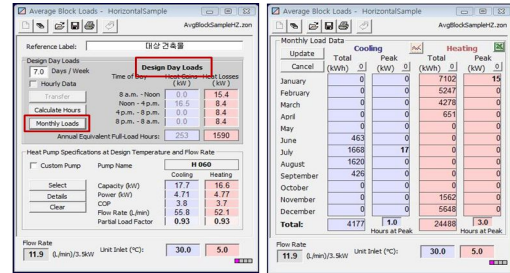


그림 1. 1일 냉·난방 부하량 그림 2. 월간 냉·난방 부하량

그림 4에서는 지중 매설 깊이와 배치 형태에 대한 입력 탭으로써 본 연구에서 변수요소인 지중 배관 매설 깊이와 트렌치 수, 배열 형태의 데이터를 다루고 있다.

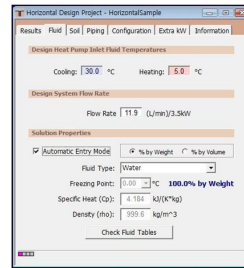


그림 3. EWT 및 유량

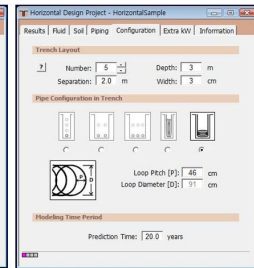


그림 4. 열교환기 배치

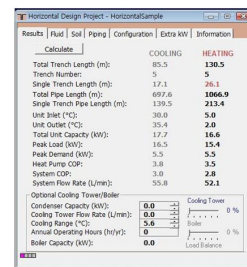


그림 5. 결과 값

위의 그림 5와 같이 각 탭의 데이터를 입력한 후 최종 결과 값을 얻을 수 있다.

4. GLD프로그램의 계산 결과

최적의 지중배관 깊이를 구하기 위해 트렌

치 수 5개, 수평형 슬링키 Type으로 동일 조건에 해당하는 트렌치 길이와 매설파이프/트렌치 길이의 결과 값으로 최적의 깊이를 산정하였으며 결과 값은 표 5와 같다.

표 5. 지중배관 매설깊이에 따른 결과

구분 깊이(m)	트렌치 길이(m)	매설 파이프 길이/트렌치 (m)
2	32.7	267.7
2.5	31.4	257.3
3	31.1	254.5
3.5	31.3	255.8

표 5에 따른 결과로 매설 깊이 3m, 트렌치 수 5개, 부하량을 입력하여 시뮬레이션 한 결과 값은 표 6과 같다.

표 6. 지중배관 형태에 따른 결과

구분 형태	트렌치 길이(m)	매설 파이프 길이/트렌치 (m)
수평형 슬링키	31.1	254.5
수직형 슬링키	31.4	256.8
single pipe	1	111.3
	2	64.1
	3	47.5
Two pipe	2	66.6
	4	41.0
	6	31.5
Three pipe	3	50.2
	6	32.3
	9	25.3

5. 결 론

소규모 주택에 적합한 최적의 히트펌프 형태 결정에 관하여 시뮬레이션을 이용, 결과 값을 정리하여 얻은 결론은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- (1) 소규모 주택에 적합한 5RT용량 기준에 대한 수평형 지열 히트펌프의 지중배관 매설 깊이는 3m가 적절한 것으로 나타났다.
- (2) 소규모 주택에 적합한 수평형 지열 히트펌프의 형태는 트렌치 길이는 짧고 한 트렌치에 매설된 파이프의 길이가 짧은 Three pipe 형태이며 매설 pipe 개수는 9개일 경우 가장 적합한 형태인 것으로 나타났다.

후 기

본 연구는 2011년도 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업지원금을 받아 수행된 연구임(2011-0023370)

참 고 문 헌

1. 최종선, 지열 시스템의 계획 및 설계 과정에 관한 연구 : 주거 건축을 대상으로, 강원대학교 대학원, 2011.
2. 산업자원부, 지열 이용 열펌프 시스템의 성능평가 기법 및 기술기준(안) 구축, 산업자원부, 2005.
3. 김성수, 지열에너지를 이용한 히트펌프 시스템에 관한 연구, 경상대학교 대학원, 2010
4. 에너지관리공단, 월간 에너지소비통계, 에너지관리공단, 1996. 12.
5. U.S DEPARTMENT of ENERGY(2011), Building energy data book.
6. Gaia Geothermal(2009), Geothermal Design Studio - Ground Loop Design User's manual.